

KOMPENDIE – NSPR K2

Siri Holtmann och Gustav Magnusson

Om du finner detta kompendie hjälpsamt så swisha gärna 20 kr eller det som du tycker att just detta dokument är värt för dig.

Swishnummer: 0707471782

Skicka gärna en liten hälsning eller skriv kort och gott "K2 kompendium"

Hallihallå alla monsterdiggare och K2are. Under vår K2 skrev vi ihop en drös kompendier (7 stycken) som baseras mer eller mindre enbart på föreläsningarna vi haft. För oss har det räckt men vi vill påpeka att vi inte kan garantera att allt är korrekt eller att det är heltäckande. Vi har haft superstor hjälp av Lova Widman och Felix Lindell Öhmans kompendie som vi länkar och hoppas nu att även våra anteckningar kan komma någon till pass. Lova och Felix har dessutom skrivit ihop "K2s 10 budord" som är värda att läsa.

Vi väljer att hålla det öppet för alla och heller inte krav på att pröjsa då vi hoppas att det jobbet vi la ned kan gynna andra också.

Har ni några tankar, frågor eller justeringar som ni tycks bör göras får ni hemskt gärna maila oss:

Siri.holtmann@gmail.com eller gusma171@student.liu.se

OBS! Ifall dessa kompendium når T2 en dag vill vi bara påpeka att ni går efter ett nytt curriculum och att vi därmed inte kan försäkra att innehållet stämmer överens med er kursplan.

Lova och Felix's drive:

<https://drive.google.com/drive/folders/19XawJnpYFEgAqiy9e8QfD0eK5jg792ZW>

LYCKA TILL!!!

// Siri och Gustav

INNEHÅLL

NERVSYSTEMETS CELLER	9
NERVCELLER.....	9
NERVSYSTEMETS STÖDJECELLER	10
GLIACELLER I CNS	10
Gliaceller i PNS	11
NERVCELLENS FUNKTIONELLA DELAR	11
NERVSIGNALERING	12
Neuronala nätverk	12
Ett neurons effekt.....	13
KEMISK SYNAPS.....	13
Elektrisk synaps	13
NEUROTRANSMITTORER	13
Transmittorer	17
SIGNALERING VIA KEMISK SYNAPS	18
Frisättning av små molekyler transmittorer	18
Frisättning av Neuropeptider	20
Neuromuskulära synapsen – ett undantag	20
SYNAPTISK INTERGRERING I CNS	21
Summation	21
Effekt genom metabotropa receptorer	21
Plasticitet.....	21
KRANIALNERVER	23
CN V – TRIGEMINUS.....	26
CN X – VAGUS	26
DEN MOTORISKA ENHETEN	26
KONTROLL AV MUSKULATUR.....	27
Muskelkontraktion	28
Mekanismen bakom kontraktionen	29
REFLEXER.....	29
Proprioception.....	30
STRÄCKREFLEX	30
Händelseförlopp	32
INVERS STRÄCKREFLEX	33
Händelseförlopp	33
JÄMFÖRELSE MELLAN GOLGI OCH MUSKELSPOLE	33
BORTDRAGNINGSPREFLEX.....	34
INTEGRERING AV REFLEXER OCH HÖGRE MOTORIK	34
GÖR TABELL	35

BÅLEN	35
RÖRELSEAPPARATENS UTVECKLING	35
GASTRULATIONEN	35
<i>Ektoderm - neuralplattan</i>	<i>36</i>
CORTEX.....	37
<i>Mesoderm</i>	<i>38</i>
HJÄRNBLÅSORNA	39
MOLEKYLÄRA MEKANISMER	40
HUR HITTAR AXONEN RÄTT?	40
<i>Postnatal finjustering av kretsar</i>	<i>41</i>
SOMITEN	42
<i>Dermomyotom</i>	<i>43</i>
<i>Sklerotom</i>	<i>43</i>
<i>HOX-gener.....</i>	<i>43</i>
SKELETTET	43
<i>Endochondrial benbildning.....</i>	<i>44</i>
<i>Axial Skelettbildning - kotstrukturen</i>	<i>45</i>
<i>Appendikulärt skelettbildning – indirekt benbildning (mer senare i komp)</i>	<i>45</i>
MUSKLER	46
<i>Myoblaster</i>	<i>47</i>
EXTREMITETER.....	47
<i>Rotation.....</i>	<i>48</i>
HJÄRNAN	48
BLODFÖRSÖRJNING	49
<i>Arteriellt</i>	<i>49</i>
<i>WALLenberg syndrom.....</i>	<i>50</i>
<i>Venöst dränage.....</i>	<i>50</i>
<i>Reglering av Cerebrala blodflödet.....</i>	<i>51</i>
ÖGAT OCH DESS RÖRELSE.....	52
ORDLISTA	52
FRÄMRE SEGMENT	52
<i>Kornea – Hornhinna</i>	<i>52</i>
<i>Främre kammaren.....</i>	<i>53</i>
<i>Iris – regnbågshinnan.....</i>	<i>54</i>
<i>Lins (cristallin lins)</i>	<i>54</i>
<i>Reflexer kopplat till ögat</i>	<i>54</i>
BAKRE SEGMENTET	55
<i>Näthinnan</i>	<i>56</i>
<i>Övriga strukturer som tillhör Bakre segmentet.....</i>	<i>56</i>
OKULÄR ADNEXA.....	57
<i>Ögats plasticitet</i>	<i>58</i>
SINNEN – SYN	58
NÄTHINNAN – RETINA	58
<i>Händelseförlopp – tapp.....</i>	<i>59</i>

<i>Mörkeradapterad seende – stavar</i>	62
FRÅN TAPP TILL CORTEX	63
SINNEN – SMAK	64
ÖVERSIKT	64
<i>5 smaker</i>	65
<i>Papiller och smaklökar</i>	65
<i>Smaktransduktion</i>	65
TILL HJÄRNSTAMMEN VIA KRANIALNERVER	66
<i>Nucleus tractus solitarius och VMb</i>	67
SINNEN – LUKT	67
ÖVERSIKT	67
<i>Luktslemhinnan</i>	67
<i>Lukttransduktion</i>	67
<i>Bulbus Olfactorius</i>	68
TILL HJÄRNAN	68
<i>Vomeronasala organet</i>	69
HÖRSEL OCH BALANS	69
HÖRSEL.....	69
<i>Översikt</i>	69
<i>Örats anatomi</i>	69
<i>Ljudets väg genom örat</i>	70
<i>Hörselorganet</i>	71
<i>Örat till hjärnan</i>	72
BALANS.....	73
<i>En båggångs funktion</i>	73
<i>Sacculus och utricleus</i>	73
<i>Örat till hjärnan</i>	74
SOMATOSENSORIK	74
<i>Översikt</i>	74
EXTEROCEPTION.....	75
<i>Gyrus Postcentralis – Somatosensoriska cortex</i>	76
<i>Receptorer</i>	76
PROPRIOCEPTION	77
INTEROCEPTION	78
<i>Modalitetsspecificitet</i>	78
<i>Nociceptiv smärta</i>	80
<i>Lamina 1-neuronernas projektioner</i>	80
<i>Thalamokortikala förbindelser</i>	81
<i>Fortsatt bearbetning i insula</i>	81
TRIGEMINUSSYSTEMET	82
MODULERING AV SMÄRTSIGNALER	83
NÅGRA VIKTIGA DEFINITIONER	83
HOMEOSTAS	84

ANS.....	84
<i>Sympatikus + adderingar</i>	84
<i>Parasympatikus + adderingar</i>	85
VISCERAL SENSORIK	86
<i>Autonoma reflexer</i>	86
<i>Central autonom reglering</i>	86
ANDNINGENS REGLERING	88
VÄTSKEBALANSENS REGLERING	89
TERMOREGLERING.....	90
MOTORISKA SYSTEM	92
CORTIKOSPINALA BANOR	93
<i>Subcortikala banor</i>	93
<i>Lateral cortikospinala banan</i>	94
PRIMÄRA MOTORCORTEX.....	94
<i>Hur kodas en rörelse?</i>	95
HÖGRE MOTORCORTEX	95
PREFRONTALCORTEX.....	96
<i>Relation mellan medveten vilja och handling/rörelse</i>	96
ANSIKTET.....	97
DE BASALA GANGLIERNA	97
<i>Corticocortikal krets</i>	98
CEREBELLUM	100
<i>Anatomi</i>	100
<i>Kretsar</i>	100
<i>Cortex</i>	101
<i>Funktionella särdrag</i>	101
KOGNITION, MINNE OCH EMOTION.....	102
EGENKONTROLL	102
ARBETSMINNE	102
FRÅN TANKE TILL HANDLING	103
LIMBISKA SYSTEMET - KÄNSLOHJÄRNAN	104
TÄNKANDETS TRANSMITTORER.....	104
LÅNGTIDSMINNE.....	105
<i>deklirativa</i>	105
<i>Icke-deklirativt</i>	105
MINNETS KEMI – LTP	106
BENBILDNING OCH FRAKTURLÄKNING.....	106
BENTYPER.....	107
<i>Benets beståndsdelar</i>	107
<i>Rörben</i>	107
<i>Benstruktur</i>	107
BENBILDNING	108
<i>Remodullering</i>	108
<i>Intramembranös benbildning (direkt)</i>	109
<i>Endokondral benbildning</i>	110

<i>Tillväxtzon</i>	111
BROSK	111
<i>Bildning av brosk</i>	111
<i>typer av brosk</i>	112
FRAKTURLÄKNING	112
<i>Olika typer av frakturläkning</i>	113
<i>Olika typer av frakturer</i>	113
RYGGMÄRGEN OCH NERVROTTERS MAKROANATOMI	113
ARTT. VERTEBRALES – RYGGRADENS LEDER	113
<i>Nacken</i>	113
<i>Fasettlederna – artt. zygapophysiales</i>	114
<i>Art. Intervertebrales</i>	114
<i>Art. Costovertebrales</i>	114
<i>Ligament</i>	114
<i>Intervertebraldiskar</i>	115
<i>Kotor</i>	115
<i>övriga strukturer</i>	116
<i>Skulderblad</i>	117
REVBEN	118
RYGGMÄRGEN – MEDULLA SPINALIS	118
<i>Spinalnerv</i>	118
NERVPLEXAN	119
<i>Plexus cervicalis (C1-C4)</i>	120
<i>Plexus brachialis (C5-T1)</i>	120
<i>De costala nerverna (T1-T12)</i>	120
<i>Plexus Lumbosacralis (L1-L4 samt L4-S4)</i>	121
DERMATOM	121
<i>Vad är skillnaden på dermatom och kutan innervering?</i>	121
BLODFÖRSÖRJNING	121
HALSEN	122
MUSKLER	123
SENSORIK	123
KÄRLFÖRSÖRJNING	124
BÅLEN	124
<i>Ryggmuskler</i>	124
<i>Buken</i>	125
ÖVRE EXTREMITET	125
MUSKLER	125
ARMEN	132
<i>Nerver</i>	132
ÖVERARM	133
<i>Leder</i>	133
<i>Skelettet</i>	133
<i>Rotatorcuffen</i>	134

<i>Muskler som ger kraft</i>	134
<i>Flektorer</i>	135
<i>Extensorer</i>	135
<i>Kärl</i>	135
ARMBÅGEN.....	135
<i>Armbågens rörelser</i>	137
UNDERARMEN	137
<i>Ytliga flexorer</i>	137
<i>Djupa Flexorer</i>	138
<i>Extensorer – Radiell grupp</i>	138
<i>Ytlig dorsal grupp</i>	139
<i>Djup dorsal grupp</i>	140
<i>Kärl</i>	140
HANDEN.....	141
<i>Skelett</i>	141
<i>Leder</i>	141
<i>Ligament</i>	142
<i>Canalis Carpi</i>	142
<i>Canalis Ulnaris</i>	142
<i>Palmaraponeurosen</i>	142
<i>Dorsala Senfacken</i>	142
<i>Thenar – tummens muskelgrupper</i>	143
<i>Hypothenar – lillfingrets muskelgrupper</i>	143
<i>Interosseerna</i>	144
<i>Lumbricaler</i>	144
<i>Nerver</i>	145
<i>Kärl</i>	146
UNDRE EXTRIMITET	146
HÖFT OCH ÖVERBEN	146
<i>Ligament</i>	146
<i>Art. Coxae</i>	146
<i>Anteriora Gruppen</i>	148
<i>Adduktorlogen/mediala gruppen</i>	149
<i>Gluteusmuskulatur</i>	150
<i>Korta utåttrotatorer</i>	151
<i>Hamstring – posterior grupp</i>	151
<i>Prime Movers</i>	152
<i>Plexus Lumbalis</i>	152
<i>PLexus Sacralis</i>	153
<i>Bra Spinalnervar att ha koll på</i>	153
<i>Benets blodförsörjning</i>	154
<i>Fascia latae/cruris</i>	155
KNÄLED OCH UNDERBEN	155
<i>Art. Genus</i>	155
<i>kompartment</i>	156
<i>Anterior grupp</i>	157
<i>Lateral grupp</i>	157
<i>Djup posterior grupp</i>	158

<i>Ytlig posterior grupp</i>	158
<i>Prime Movers - Knäled</i>	159
<i>Prime movers – Fötled</i>	159
FOT OCH FÖTLED	159
<i>Skelett</i>	159
<i>Leder</i>	160
<i>Ligament</i>	160
<i>Retinaculum</i>	161
<i>Fotens muskulatur</i>	161
<i>Blodkärl i foten</i>	162

NERVSYSTEMETS CELLER

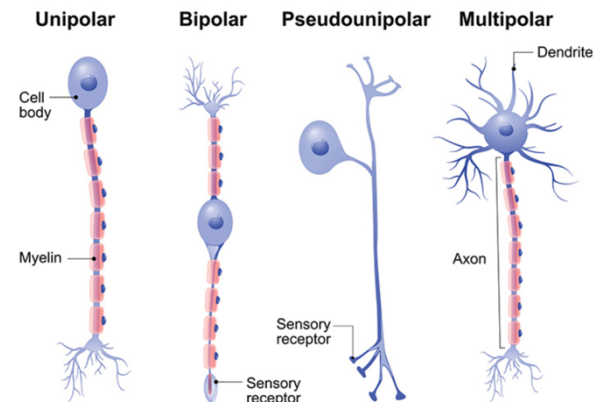
⇒ Ganglier – ord som används för flera vävnadstyper men innebär att det rör sig om en grupp av celler.

NERVCELLER

Multipotentia neuron – Nervcellerna utgörs av ett stort dendritträd och är vanliga både i PNS och CNS. Fördel med många dendritutskott är att de kan ta in mycket information genom dess stora yta. Det finns två varianter av multipolära neuron.

- » **Interneuron** påverkar signaler som kommer in till ett specifikt område, dvs lokalt. Dessa är oftast hämmande och bestämmer på så vis vilka signaler som får gå vidare → **gatekeepers**. I stort sett alla nervceller som inte är motoriska eller sensoriska.

- » Motsatsen till interneuron är **projektionsneuron**, vilka stimulerar en aktionspotential.



Bipolärt – Har en stjälk åt vardera håll. Vanligt i ögat.

Pseudo-unipolär – Uteslutande för nervceller för det sensoriska nervsystemet i PNS → utgör de afferenta signalbanorna till CNS. Dendriterna ligger ute i huden och känner av kemiskstimuli eller mekanisk beröring. Cellkropparna ligger i dorsalrotsgangliet. Speciellt med dessa celler är att de **INTE mottar någon info från andra nervceller**.

Unipolärt – diskuteras enbart på embryonalnivå.

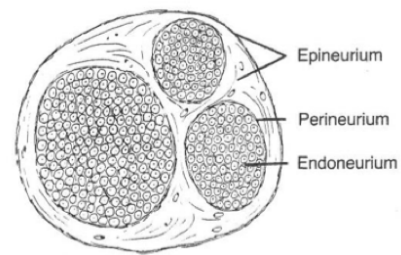
- » Notera att man alltid bara har ett axonutskott där alla signaler läggs samman, både hämmande och stimulerande. Däremot kan axonet ha flera förgreningar, däremot skickas samma signal vidare.

	PNS	CNS
Cellkropp	Ganglier	Grå substans i ryggmärg och cortex cerebri samt nuclei
Axon	Nerver ut i kroppen	Vit substans i form av olika typer av banor (förbindelser)

PERIFERA NERVER

Nerver finns enbart i periferin och är omgivna av bindväv i tre olika lager. Dessa går att se tydligt i tvärsnitt då nervcellerna är väldigt stora celler.

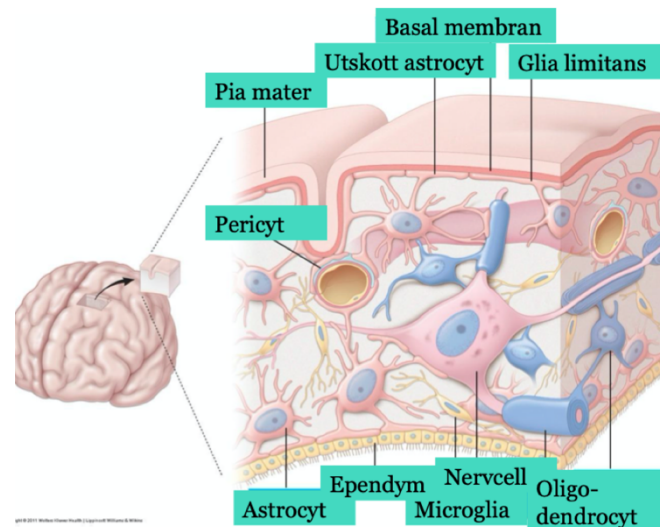
- » Epineurium (på) – tjock bindväv som finns mellan buntarna. Här finns även blodkärl samt kärnorna till schwanncellerna.
- » Perineurium (omkring) – Omger buntar av axoner
- » Endoneurium (innuti) – struktur som omger axonet



NERVSYSTEMETS STÖDJECELLER

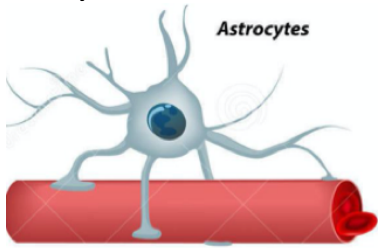
Viktigt att komma ihåg är att vi INTE har vanlig bindväv i ryggmärg och hjärna utan att vi har en speciell typ av stödjeceller som kallas **gliaceller** i dessa vävnader. Vanlig bindväv finner vi vid kärl och från pia mater och utåt. Dess uppgift är att omge nerveller och modulera framskridning av nervimpulser.

- ⇒ **Glia limitans** är det tunna lager av astrocytutskotten som ligger uppemot pia mater. Utgör en fysisk blod-hjärn-barriär. Det är även detta lager som **skiljer** CNS från PNS. Detta ligger även runt alla kärl för att skydda för vad som transporteras in och ut.



GLIACELLER I CNS

I CNS finns:

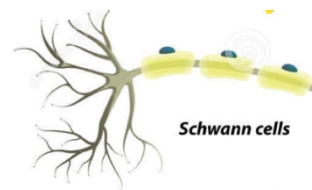
Cell	Funktion	Övrigt
Astrocyter 	- Viktigt för att upprätthålla blod-hjärn-barriären. Utskotten från astrocyterna bildar glia limitans direkt under basal membranet samt kring kärl - Reglera den extracellulära jonkoncentrationen - Metabol reglering - Omsättning och återupptag av transmittorer - Påverkar synaptisk transmission	Finns två varianter - Protoplasmatiske astrocyter finns i grå substans - Fibrösa astrocyter finns i vit substans Sitter antingen nära cellkroppen eller kärl

Oligodendrocyter 	Myeliniserar i CNS	En oligodendrocyter kommer att myelinsera flera internodala segment på ett axon men kan även myelinsera flera axoner.
Microglia 	Fagocyterar avdödade celler	Rörliga och blir fler efter behov Långsmal cell
Ependymala 	Bekläder ventrikulerna och centralkanalerna i ryggraden	Lätta att känna igen histologiskt

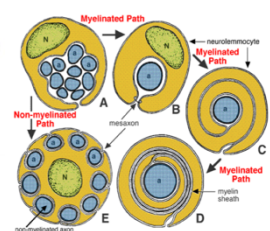
GLIACELLER I PNS

I PNS däremot finns det två andra typer av stödjeceller

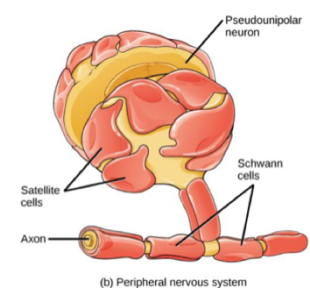
- » **Schwann celler** – bildar myelin segmentellt som små kuddar som omger axon. Detta innebär en cell per segment.



En schwanncell kommer att myelinsera ett segment. Vid myelinisering kommer schwanncellen att omge en axon och snurra sitt plasmamembran i flera varv runt axonet för att skydda/isolera det. Om axonet inte myelinseras kommer det istället omges av schwanncellscytoplasma. Observera att detta skiljer sig från hur axonerna myelinseras i CNS. Histologiskt kan man hitta dessa nära axon.



- » **Satellitceller** – kan jämföras med CNS astrocyter. Ligger framförallt runt dorsalrotsganglie och stödar upp/återvinner transmittorsignaler. Har en skyddande funktion genom att kapsla in dem. Histologiskt kan man finna dessa nära cellkroppar.



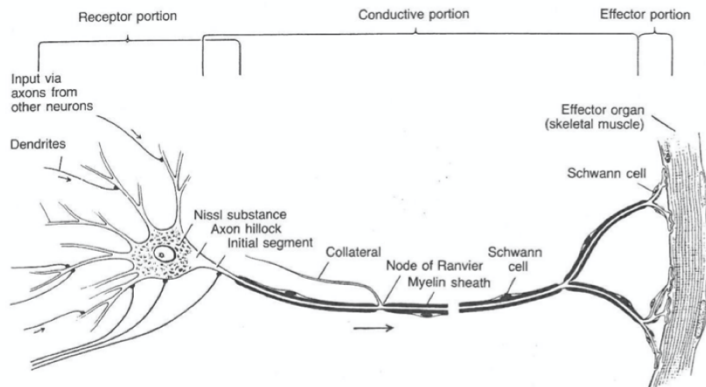
NERVCELLENS FUNKTIONELLA DELAR

Cellsomat – kroppen på nervcellen

Dendriter – cellutskott som ökar ytan på nervcellen som möjliggör att man lättare kan motta information. Kan påverka granceller genom dendritkontakt.

Axon – kabel som leder elektrisk information. Majoriteten är isolerat av myelin → proteinlipidhölje.

Terminal – slutet på axonet förgrenar sig ofta i terminaler som utgör effektor delen av cellen. Dessa släpper ut transmittorer för att påverka dendritutskott på andra celler. Kan påverkas av exempelvis interneuron som har en hämmande effekt



NERVSIGNALERING

Hur många millivolt ligger vilomembranpotentialen på?
Varför?

-70 mV. Nära kaliums jämviktspotential som är -90mV. Detta beror på att det finns läck-kanaler där K läcker igenom i vila. Inte lika många för Na. 40gg mer K läcker in

Vad innebär depolarisering?

Skär då Na strömmar in i cellen via Na-kanaler och går mot sin jämviktspotential. Membranpotentialen går från -70 mV mot 0. Detta är en depolarisering. Ökad Na inne i cellen ökar sannolikheten för aktionspotential
= excitation!

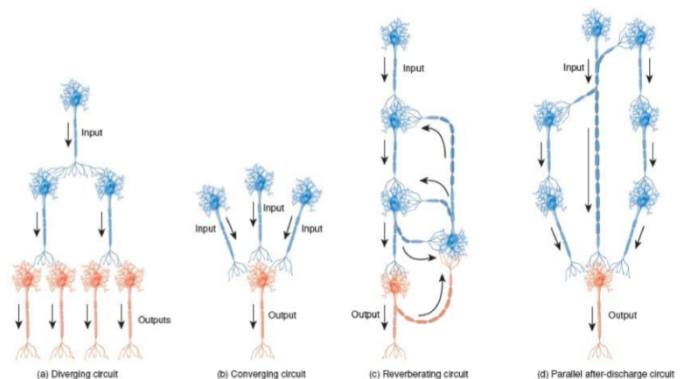
NEURONALA NÄTVERK

Divergens – En signal sprider sig till flera nervceller

Konvergens – Flera signaler går samman till en nerv och bygger på varandra och ger en stark signal.

Återkopplande system – Viktigt för motoriken och dess förmåga att kunna finjustera rörelser

Parallella system – Nerver från olika områden kan vara med och påverka.

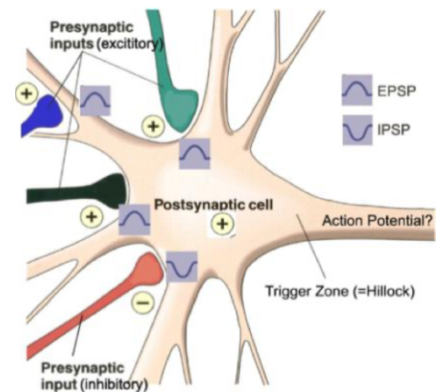


ETT NEURONS EFFEKT

Ett neuron kan verka hämmande eller exciterande (stimulerande) på varandra, och vanliga begrepp för att mäta den resulterande signalen är **EPSP** eller **IPSP**. En hämmande effekt kan antingen vara:

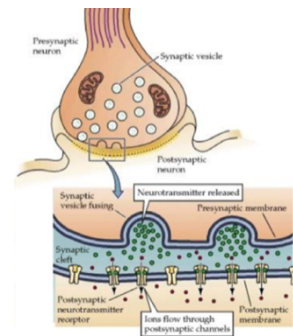
- » **Presynaptisk** – det hämmande neuronet hämmar den exciterande neuron.
- » **Postsynaptiskt** – det hämmande neuronet hämmar mottagarcellen direkt.

Axon hillock är den triggerzon av ett mottagarneuron där resultatet av inkommande signaler räknas ihop. Är EPSP högst fortleder en aktionspotential, men är istället IPSP högre uteblir aktionspotentialen. **OBS! I och med detta måste en signal överstiga ett tröskelvärde för att en aktionspotential ska uppstå.**



KEMISK SYNAPS

Den allra vanligaste synapsen är den kemiska synapsen som involverar transmittorer. Substanserna i nervcellerna kommer att nå axon terminalen där det släpps ut och påverkar andra celler (beskrivs mer i detalj i CREN). Transmittorsubstanser i nervcellens axonterminaler släpps ut i synapsspalten och påverkar således mottagarcellens receptorer. Det är dessa synapser som kan påverkas av **pharmaca**.

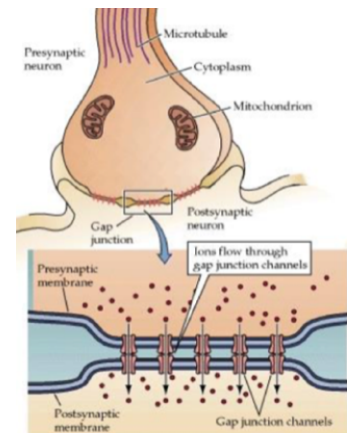


ELEKTRISK SYNAPS

Den elektriska synapsen är ovanligare och används när man behöver en synkronisering av signaler, ex i hypotalamus som styr pulsatila utsöndringar av hormoner. De förekommer mellan inhibitoriska internueron men är annars ovanliga i CNS.

- » Driver på aktionspotentialen mellan hjärtat kardiomyocyter.

Överföring av joner och därmed uppladdning av nervcellens aktionspotential sker genom **gap junctions**, där ena nervcellens joner flödar till den nästa. Detta sker snabbt men kan ej förstärkas via kaskader. Spänningsreglerade jonkanaler öppnas när depolariseringsvågen kommer. Detta sker mellan NOD-celler och de kontraktile cellerna i hjärtat exempelvis.



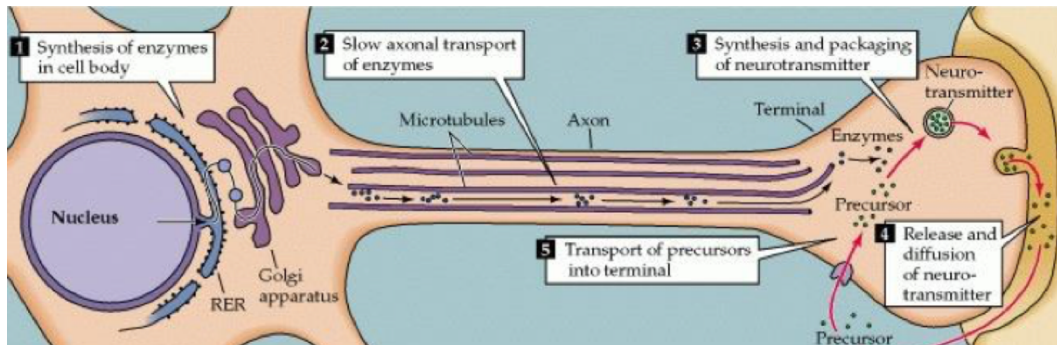
⇒ Står i detalj i EKG kompendiet.

NEUROTRANSMITTORER

Transmittorer kategoriseras in i tre olika klasser beroende på dess uppbyggnad och vars de syntetiseras

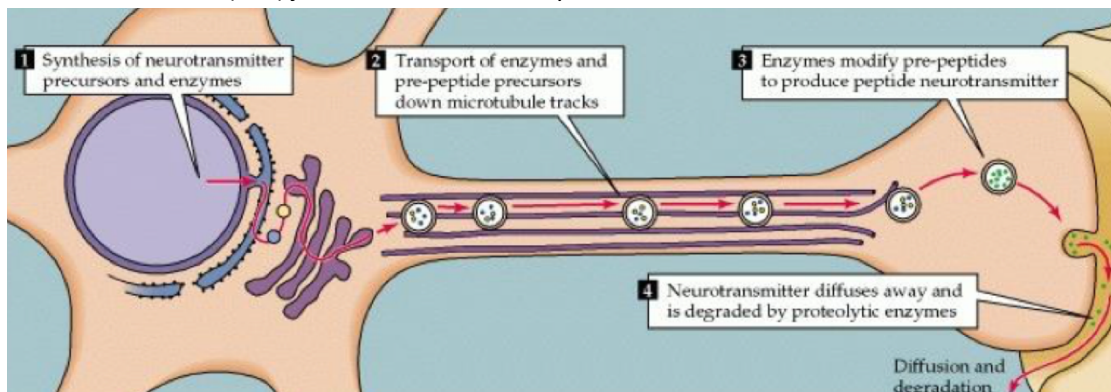
1. Små molekyl transmittorer:

Enzymer bildas i cellssomat och transporteras långsamt till axon terminalen (axontransport). Tillsammans med prekursorer bildas transmittorer på plats nere i terminalen. Ex. acetylcholin, GABA och glutamat. Det som inte bryts ned tas åter upp av synapsen som prekursorer och **återanvänds**. Det kommer att bildas reservvesiklar som inte direkt binder till membranet via vSnare och tSnare. Synapsin är ett ämne som hjälper reservvesiklarna att binda in till cytoskelettet, när de ska användas kommer kalcium att frigöra vesiklarna från cytoskelettet så de kan röra sig mot membranet



2. Peptid transmittorer – VIP och NPY

Både prekursorer och enzymer bildas i cellssomat och transporteras ned i vesiklar som bildas i golgi via mikrotubuli. Enzymerna modifierar pre-peptiderna för att producera peptid neurotransmittorer. Det som blir över degraderas utanför synapsen av proteolytiska enzymer. Dessa liknar kroppens hormoner och förpackas i annorlunda vesiklar (LDC) jämfört med de små molekyl transmittorer.



3. Gas-transmittor (kväveoxid) är den sista kategorin.

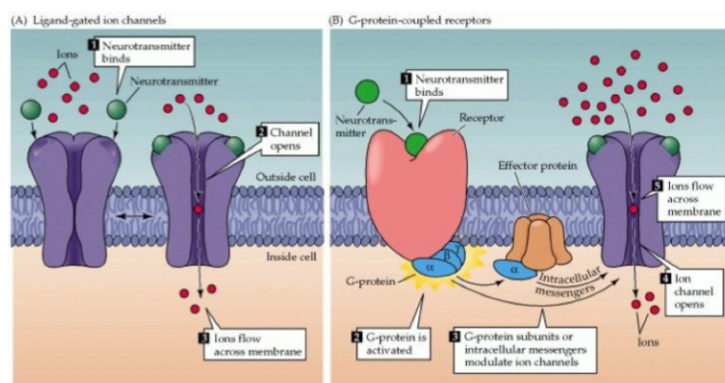
RECEPTORER

I synapsspalten hittas två olika typer av receptorer:

Jonotropa receptorer – Denna receptortyp hittas centralt i synapsspalten och kommer att generera en **SNABB** signalöverföring. Dessa receptorer är direkt kopplade till en jonkanal, som vid inbindning av liganden/neurotransmittorn ändrar dess konfigurationen och därmed öppnas. Olika jonotropa receptorer kan släppa in olika typer av joner → EPSP eller IPSP.

Metabotropa receptorer – Denna

receptortyp hittas istället i utkanten av synapsspalterna och är indirekt kopplad till flera jonkanaler, ofta via G-



proteiner. Dessa receptorer har HÖG affinitet för deras respektive transmittorsubstanser och behöver därigenom inte sitta mer centralt. De metabotropa receptorerna kommer att kunna öppna respektive stänga K^+ -kanaler, vilket kommer leda till en LÅNGSAM de-/hyperpolarisering → förändrad vilomembranspotential. Den långsamma signalen möjliggör att andra inkommande signaler kan bygga vidare på den förändrade vilomembranspotentialen, vilket gör att tröskelvärdet antingen lättare eller svårare kan uppnås av EPSP.

- » De metabotropa receptorerna kan även, via den G-proteinaktiverade intracellulära kaskaden, påverka genuttryck. Detta leder till att fler receptorer, både jonotropa och metabotropa bildas. Detta är en typ av plasticitet.

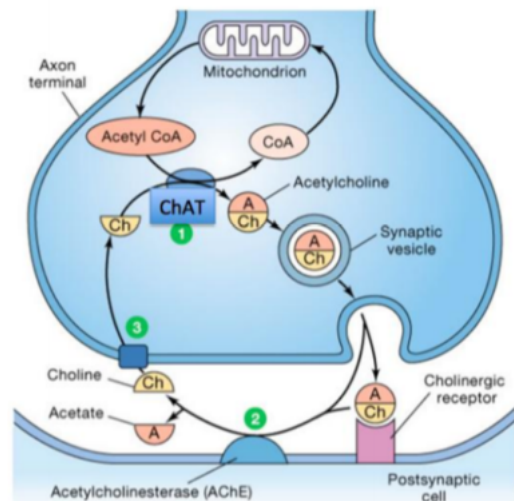
Metabotropa receptorer kan även finnas på den presynaptiska cellen och fungera som en slags broms → vid hög frisättning kommer olika kaskadsignaler göra att exocytos av transmittorämnen bromsas.

ACETYLKOLIN

Acetylkin kommer kunna påverka båda typer av receptorer. Vid inbindning till de jonotropa receptorerna, vilka för acetylkin heter nicotinerger/kollinerger, kommer det att ha en exciterade effekt på muskler. OBS! Den enda neurotransmittorsubstansen som används i neuromuskulära junctions.

Syntes – Acetylkin är en ester och kommer att bildas i synapsen med hjälp av enzymet **kolin-acetyltransferas**. Enzymet självt syntetiseras i rER och kommer därefter, via anterograd transport med hjälp av mikrotubuli, att nå den terminala synapsen.

1. Acetyl-CoA bildas i boutonngens mitokondrier
2. Kolin tas in i boutonngen via Na^+ /kolin-transportörer
3. Acetyl-CoA och kolin reagerar med varandra, tack vara kolin-acetyltransferaset, och bildar acetylkin ACh, vilket därefter packas i vesiklar.
4. Frisättning sker vid depolarisation



Metabolism – Efter frisättning i synapsspalten kommer det påbörjas en nedbrytning av ACh, med hjälp av enzymet **acetylkinesteras** (extra viktigt i muskelsynapsen). Finns lokaliserat i et postsynaptiska membranet och kommer där att degradera ACh till acetat och kolin. Kolin kommer, förutom att återupptas i boutonngen, även kunna tas upp av omkringliggande gliaceller.

- » Vid **myasteina gravis** sätts en acetylkinesterashämamre för att hindra acetylkinets nedbrytning och på så vis möjliggöra en videsignalering till mottagarcellen. För friska människor räknas samma hämmare istället som nervgift, då det kan ge en lång och utmattande stimulering av mottagarcellen.

Receptorer

- » Jonotropa receptorer för acetylkin kallas för nicotinerger receptorer. Dessa har en exciterande effekt vilket innebär att dessa kan stimulera till muskelkontraktion. Jonotropa ACh-R är snabba! Sådana receptorer finns i både sympatiska och parasympatiska omkopplingsstationer.

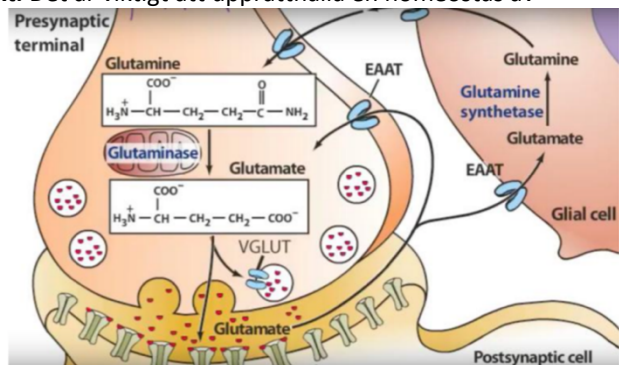
- » Metabotropa receptorer för acetylkinolin kallas för muscarina receptorer. Dessa har både en exciterande och en inhibitorisk effekt. För hjärtmuskulatur har det en inhibitorisk effekt vilket innebär att frisättning av acetylkinolin (t.ex. parasympatiskt påslag) ger en sänkt hjärtfrekvens. Metabotropa Ach-R är långsamma!

GLUTAMAT

Glutamat är en aminosyra som ger en **exciterande effekt**. Det är viktigt att upprätthålla en homeostas av glutamatfrisläppningen då överstimulering lätt ger kramper. Därför finns det gott om astrocyter nära synaptiska klyftan som tar upp glutamat och omvandlar det till den inaktiva formen glutamin.

Syntes

1. Glukos tas in via faciliterad diffusion (SGLT). I citronsyracykeln metaboliseras det till alfa-ketoglutarat.
2. Alfa-ketoglutarat omvandlas med transaminas till glutamat.
3. Glutamat lagras i vesiklar och frisätts därefter.



Metabolism – Efter frisättning kan glutamat återvinnas på två olika sätt:

- » Glutamat reabsorberas direkt till boutonen via Na^+ -beroende symporter.
- » Glutamat kan även tas upp av intilliggande gliaceller, vilka bryter ned det till glutamin (mha glutaminsyntetas). Därefter transporteras glutamin tillbaka till boutonen där det återgår till glutamat (mha glutaminas).

Receptorer – Det finns tre olika jonotropa och tre olika metabotropa receptorer.

Namn	Effekt
Jonotropa	
NMDA-R	Med glutamat som ligand kommer dess jonkanaler öka inflödet av Na^+ och Ca^{2+} , samt öka utflödet av K^+ → depolarisation. Dessa kanaler fungerar dock endast om den postsynaptiska cellen redan är någorlunda depolariserad, då receptorn vid hyperpolarisering är blockerad av en magnesiumjon (Mg^+). Denna receptor behöver även närvaro av glycin för att fungera!
AMPA-R	Vid inbindning av glutamat ökar inflödet av Na^+ samt utflödet av K^+ → depolarisation.

Viktigt att observera att ovanstående samverkar se *Synaptisk integrering i CNS*.

GABA

GABA är likt glutamat också en aminosyra, men med inhibitorisk effekt på det postsynaptiska membranet genom hyperpolarisering.

Syntes

1. Glutamat bildas av alfa-ketoglutarat (från citronsyracykeln) via transaminas.
2. I GABA-neuroner finns ett enzym kallat glutaminsyrakarboxylas (GAD), vilket dekarboxylerar glutamat till GABA.
3. GABA packas därefter i vesiklar.

Metabolism – GABA kan, likt glutamat också återföras till boutongen genom två olika vägar:

- » GABA reabsorberas direkt till boutongen via en GABA-transportör – precis som glutamat.
- » GABA kan även tas upp av intilliggande gliaceller, vilka bryter ned det till glutamin (mha glutaminsyntetas) eller till glutamat (mha GABA-transaminas). Därefter tas glutamat samt glutamin upp i den terminala synapsen för att omvandlas tillbaka till GABA.

Receptorer – Likt ovannämnt är GABA en inhibitorisk neurotransmittor med funktion att hyperpolarisera postsynaptiska membran. GABA kan binda till två olika typer av receptorer:

- » **GABA-A-R** är en jonotrop receptor som för in kloridjoner (Cl^-) in i cellen → hyperpolarisation och därmed svårare att skapa en aktionspotential.
- » **GABA-B-R** är en metabotrop receptor som, via dess G-proteiner, öppnar K^+ -kanaler så att kaliumjoner strömmar ut → hyperpolarisation och därmed en minskad sannolikhet för aktionspotential.

TRANSMITTORER

Substans	Jonotropa	Metabotropa	Övrigt
Acetylcholin	Exciterande effekt på nikotinergera receptorer	Exciterande (postsynaptiska långamma) och inhiberande (presynptiska – negativ feedback) på muscarinareceptorer	
Glutamat	Påverkar båda	Påverkar båda	Snabb synaptisk transmission Astrocyten har en viktig funktion i glutamats återupptag och återanvändning
GABA	Inhiberar, görs genom →	Inhiberar, görs genom →	Viktig inhibitorisk effekt genom att hyperpolarisera det postsynaptiska membranet

Andra transmittorer:

- » Peptider; Substans P, enkefalin osv
- » Aminer: Cathecholaminer: NA, DA, adrenalin
- » Puriner: ATP

SIGNALERING VIA KEMISK SYNAPS

Ovan har grunderna gått igenom och sätts nu in i ett sammanhang om hur de olika delarna arbetar tillsammans.

FRISÄTTNING AV SMÅ MOLEKYL TRANSMITTERER

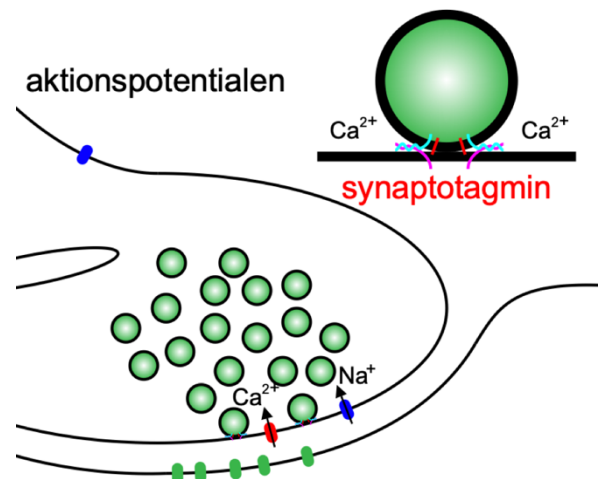
EXCITERANDE – SNABB EPSP

⇒ Påverkar jonotropa receptorer

I boutongen finns det små synaptiska vesiklar som innehåller transmittorer. I detta exempel kommer jag använda mig av den vanligaste excitatoriska neurotransmittorn glutamat – men principerna är generella.. Vesiklarna kommer med hjälp av vSnare som finns i dess membran, binda in till presynapsmembranets tSnare. I och med vSnare och tSnarens höga affinitet till varandra bildas en kraftutveckling när de dras mot varandra. Dock kan de inte fusera på grund utav synaptotagmin. Synaptotagmin sitter i vägen för att kunna reglera exocytosen av neurotransmittorer.

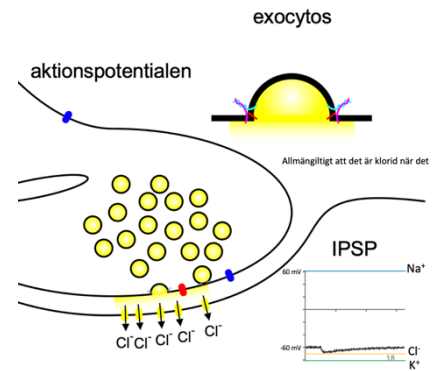
När en aktionspotential når axonteminalen kommer dock en fusion ske, vilket beror på kalciuminflödet:

1. Aktionspotential uppnås genom en snabb depolarisering av ett högt natriuminflöde genom spänningskänsliga jonkanaler.
2. Det finns även spänningskänsliga kalcium-kanaler som kommer att öppna sig. I och med att vi har en hög koncentration av kalcium utanför cellen kommer de följa sin gradient. **Observera** att kalcium INTE kommer ha någon effekt på själva aktionspotentialen som den har i den elektriska synapsen. I den kemiska synapsen drivs aktionspotentialen av Natrium.
3. Ca^{2+} binder in till synaptotagmin kalciumbindande domän. Då sker en konformationsändring som gör att synaptotagmin inte längre hindrar en exocytos → vesiklarna smälter samman med membranet
4. Genom exocytos kastar vesiklarna ut allt sitt innehåll. Transmittorämnen diffunderar och binder till receptor molekyler som sitter nära i den postsynaptiska cellen. De binder in till ligand-gated jonkanaler (Jonotropa receptorer).
5. Den postsynaptiska är mest genomsläpplig för kalium vilket leder till en vilopotential kring -60. När spänningskänsliga kanaler för natrium öppnas sker en liten depolarisation som kallas EPSP → **jonotropa receptorer**



INHIBERANDE – SNABB IPSP

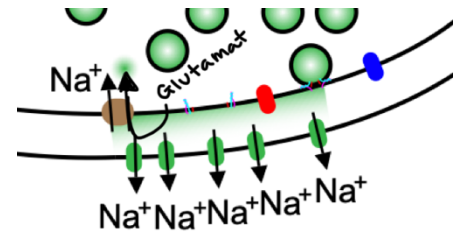
Det finns även andra typer av neurotransmittorer som har en inhiberande effekt så som GABA. GABA binder till GABA-a receptorer som skapar ett inflöde av kloridjoner. Klorid har en jämviktspotential på -70 vilket innebär att ett inflöde av dessa joner skulle SÄNKA vilomembranpotentialen (hyperpolarisering) vilket hämmar att tröskelvärdet uppnås. Denna typ av process kallas **IPSP**.



VAD SKER EFTERÅT?

Vad sker då efter en EPSP har inträffat? Jo EPSP är en väldigt kort depolarisation och membranpotentialen återgår kvickt till det normala. Detta beror på att det finns transportörer i cellmembranet som kopplar samman inflödet av natrium och glutamat. Hur då?

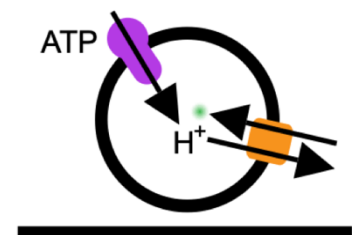
- » Natrium kommer att följa sin elektrokemiska gradient in i den presynaptiska boutongen genom en symporter
- » Genom symporten kommer glutamat att följa med från synapsspalten till cytoplasman i den presynaptiska boutongen.
- » Detta natriuminflöde kommer inte påverka membranpotentialen både för att glutamat är negativt laddat, plus att transportören inte all tar forslar in lika stora mängder som jonkanalerna kan göra.



Detta sker för att **förhindra** en för lång depolarisering av mottagarcellen.

Dessutom måste alla tSnare och vSnare tvinnas upp och flyttas, vilket de gör med hjälp av ATP spjälkning. Vesikelns membran innehåller fortfarande en massa proteiner som flyttar på dig. Därefter kommer de att endocytos genom clathrinmedierad endocytos för att kunna återanvända vesikel membranet.

Den nya återvunna vesikeln re-acidifieras genom att den har en jonpump som pumpar in vätejoner för att skapa en elektrokemisk gradient. Dessutom finns ett annat transportprotein som fungerar som en antiport som transporterar in glutamat och ut vätejoner. Denna process är allmängiltig för att transmittorsubstanser, så glutamat används endast för att ge ett exempel.



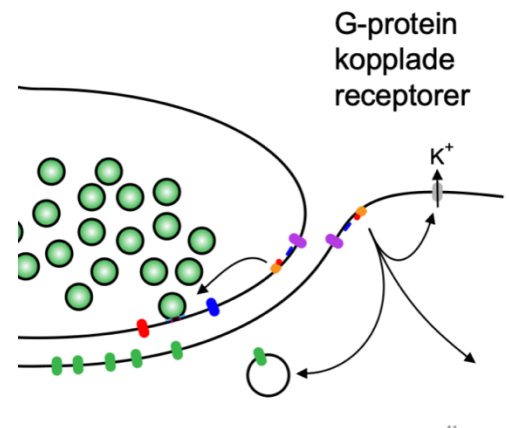
- » Ibland tas de via ER för att fixas till lite.

LÅNGSAM EPSP/IPSP

⇒ Påverkar Metabotropa receptorer genom att öppna/stänga dem för in/ut-flöde av kalium.

Slarvigt sätt kan man säga att det finns långsam EPSP/IPSP genom att transmittorererna kan påverka G-proteinkopplade receptorer. Viktigt att notera är att dessa receptorer finns långt ifrån själva synapsspaltens vilket de kan göra eftersom de har så pass hög affinitet till transmittorsubstansen och behövs därför inte i lika hög koncentration. Transmittorsubstansen är dessutom bunden under en längre tid. Mer om dess effekter under Metabotropa receptorer.

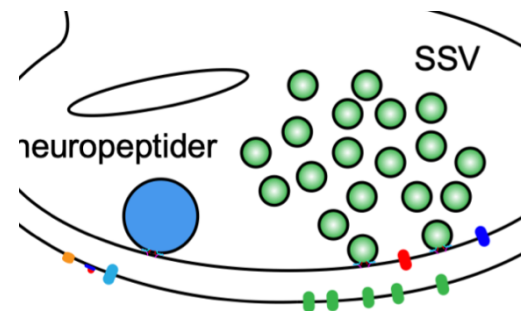
- » I CNS kan det frisättas transmittorer som inte bildar regelrätta synapser. De metabotropa receptorerna möjliggör att det kan ske exocytos av transmittorämnen som ändå når målceller. Detta kommer inte de jonotropa receptorerna kunna göra.



FRISÄTTNING AV NEUROPEPTIDER

Neuropeptider liknar kroppens hormoner och bildas i kornigt ER. Dessa vesiklar befinner sig från ifrån kalcium spänningskänsliga kanaler. Detta gör att en aktionspotential som är tillräckligt för att kasta ut en liten vesikel inte är så effektiv på de lite större vesiklarna. Därav krävs den ett uppladdning av flera aktionspotentialer för att få in tillräckligt med kalcium → en summation

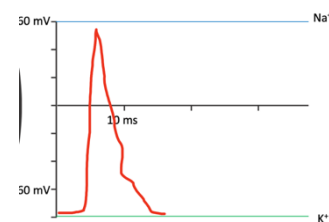
- ⇒ Neuropeptidvesiklar kan finnas lite överallt, även i den postsynaptiska delen.



NEUROMUSKULÄRA SYNAPSEN – ETT UNDANTAG

Snabb recap: alfa-motorneuron tillsammans med muskelfibrer (skelettmuskulatur) utgör en motorisk enhet och kontrollerar muskelns kontraktion. Alfa-motorneuronet är väldigt stor och innehåller en mängd acetylcholin vesiklar. Dessutom kommer muskelfibern besitta **massvis** med nikotinerga/kollinerga receptorer.

- ⇒ EPP, direkt depolarisering som leder till aktionspotential.



När den presynaptiska cellen nås av en aktionspotential kommer en mängd ACh att frisättas som utan annan stimuli drar igång en aktionspotential i muskelcellen. Detta genom att de jonotropa ACh-receptorerna öppnas och släpper in natrium. Om man jämför med tidigare exempel rörande EPSP är alltså denna depolarisering mycket **kraftigare**. Därav byter stimulansen namn till **EPP**.

I och med att utsöndringen av transmittorämnen är så pass kraftig räcker inte den allmängiltiga natrium/transmittorämne-symporten till för att bromsa dess effekt. I den neuromuskulära synapsen krävs en enzym, **acetylcholin esteras**, som bryter ned acetylcholin för att undvika en för långvarig signalering → muskelcellen återgår kvickt till sin vilopotential.

- ⇒ Masthenia gravis är en sjukdom som gör att man har antikroppar mot nikotinerga receptorer som gör att man aldrig når muskelns aktionspotential, vilket i sin tur leder till dålig muskelkontroll.

SYNAPTISK INTERGRERING I CNS

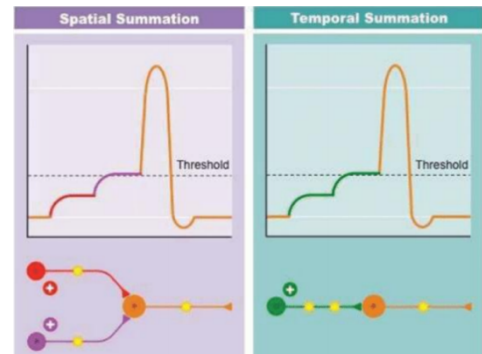
I nervsystemet är det vanligt med EPSP som självmant inte räcker för att sätta igång en aktionspotential hos mottagarcellen. Nedan listas olika sätt som integreringen mellan olika signaler i CNS sammanstrålar:

SUMMATION

TEMPORAL SUMMATION

Ett och samma axon sänder, under kort tid, ut flera EPSP. Dessa adderas till varandra och når således lättare mottagarcellens tröskelvärde → aktionspotential.

⇒ Facilitation och short-term depression är typer av temporal summation som dock inte avger en EPSP.



SPATIAL SUMMATION

Signaler från **flera olika axon** når mottagarcellens axon hillock där de summeras till ett gemensamt resultat. Signalerna kan både vara EPSP (stimulerande) eller IPSP (inhiberande).

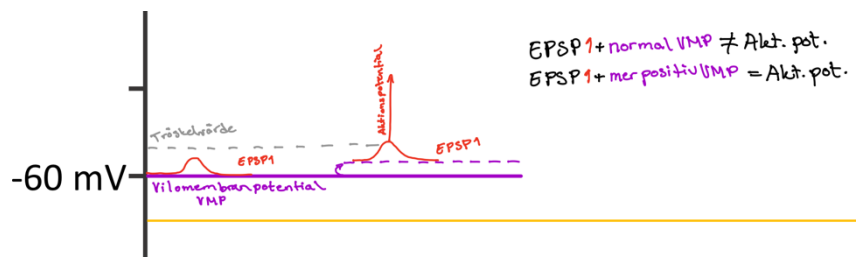
EFFEKT GENOM METABOTROPA RECEPTORER

EXCITABILITET

Excitabilitet betyder "hur belägen en cell är för att avfyra en aktionspotential" som påverkas genom metabotropa receptorer.

Kaliumkanaler kan i det postsynaptiska membranet kan hållas öppna/stängda, till följd av aktiverade metabotropa receptorer. Detta leder till att mottagarcellens vilomembranpotential blir mer

eller mindre negativ, vilket betyder att den antingen kommer närmare eller längre ifrån tröskelvärdet. Med andra ord innebär detta att cellens belägenhet för att avfyra en aktionspotential förändras. Detta möjliggör att en EPSP från en synaps som tidigare inte varit tillräckligt stark för att dra igång en aktionspotential, kan helt plötsligt vara fullt tillräcklig.



- » Ovanstående beror på att kalium har en väldigt negativ **Nernstpotential** (en jons jämviktpotential). Genom att stänga dessa kanaler kommer vilomembranpotential kunna bli mer (närmare tröskelvärdet), till skillnad från om de hålls öppna då vilomembranpotentialen blir mer negativ (längre ifrån vilomembranpotentialen).

Aktivering av metabotropa receptorer görs i stora drag genom att axoner på avstånd frisätter transmittorsubstanter som binder in och aktiverar dem. Fenomenet för hur transmittorsubstanserna når receptorerna kallas för **volume transmission** (en typ av diffusion).

PLASTICITET

Ordet plasticitet betyder att en styrka i eller från en synaps kan variera med tiden. Detta innebär att det resulterande EPSP/IPSP i mottagarcellen inte varje gång blir lika stor, trots samma styrka på aktionspotentialen. Nedan listas fyra olika typer av plasticiteter!

SHORT-TERM DEPRESSION

Vid en short-term depression kommer EPSP 1 ha en betydligt högre amplitud än den tätt följda EPSP 2. Detta beror på att nya vesiklar inte hunnit förbereda sig för fusion vid det presynaptiska membranet när den andra aktionspotentialen kommer. Således utsöndras en mycket mindre mängd transmittorsubstans ut i spalten andra gången, vilket i sin tur genererar en lägre EPSP.

Denna typ av plasticitet är väldigt vanlig i nervsystemet och är gynnsam på så vis att den säkerställer att aktionspotentialen håller 1:1-förhållande mellan de olika nervcellerna.

FACILITATION

Motsatsen till ovan, där den första EPSP har betydligt lägre amplitud än den andra EPSP. Hur detta kommer sig är inte helt klarlagt ännu, men man tror det beror på den låga mängden Ca^{2+} som förs in i boutongen vid respektive aktionspotential. Kommer då två stycken tätt inpå varandra, finns fortfarande en mängd Ca^{2+} kvar i boutongen vilket således möjliggör exocytos av fler vesiklar andra gången.

De två ovannämnda plasticiteterna är exempel på att temporal summation inte nödvändigtvis behöver leda till en högre amplitud som överstiger tröskelvärdet.

LONG-TERM POTENTIATION – LTP

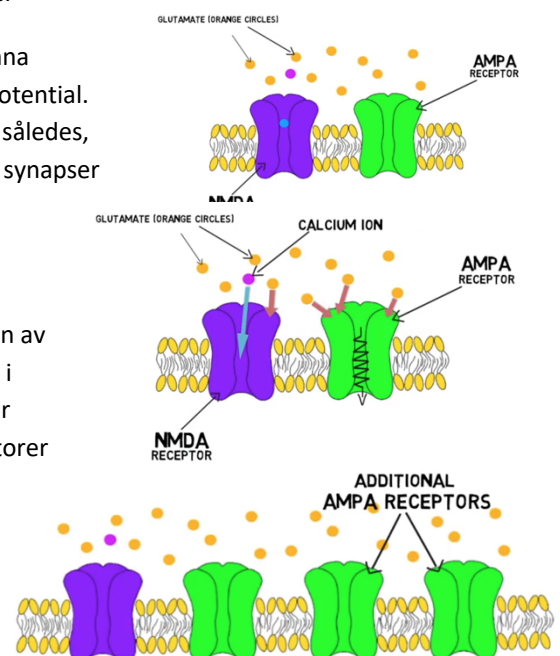
Aktiva synapser kommer på längre sikt göras starkare och starkare, till följd av mekanismer som förser synapsspaltens med fler och fler receptorer. Styrkan av en EPSP styrs av storleken på joninflödet in i det postsynaptiska neuronet, och fler receptorer leder till ökat joninflöde.

Synapser med gynnsam signalering kommer med tiden, **ENSKILT**, kunna generera en tillräckligt hög EPSP för att själva kunna initiera aktionspotential. Utan spatialsummation! Synapser som till en början arbetar i fas och således, genom spatial summation, genererar aktionspotential är exempel på synapser som visar sig gynnsamma.

Händelseförlopp:

Samtidig aktivering av AMPA- och NMDA-receptorer. Mg^{2+} blockaden av NMDA-receptorerna upphävs av depolariseringen, Ca^{2+} strömmar in i cellen (frisätts också möjligen ur intracellulära förråd). Ca^{2+} inducerar aktivering av CaMKII och/eller PKC. Detta leder, till att AMPA - receptorer som finns intracellulärt (i membranblåsor) inkorporeras i synapserna vilket gör nervcellerna mer känsliga. Senare komponenter av LTP kräver även ny proteinsyntes genom att kärnan aktiveras och släpper in mRNA. Den transkriptionella aktiveringen som krävs för detta tros i viss mån bero på transkriptionsfaktorn Creb.

⇒ Viktigt vid minnets funktion, se *Minnets kemi – LPT*



LONG-TERM DEPRESSION

Motsats till ovan, där en synaps som är i otakt med övriga synapser och därmed signalerar irrelevant information kommer ses som ogynnsam för systemet. I dessa synapser kommer istället receptorantalet med tiden att minska, vilket därmed även minskar deras EPSP. Vissa synapser kan även med tiden försvinna helt, detta kan observeras vid ögats utveckling, se *Postnatal finjustering av kretsar*.

På detta sätt är systemet selektivt, där de gynnsamma uppregleras medan de ogynnsamma nedregleras. Den främsta neurotransmittorn som är involverad i denna process är glutamat.

KRANIALNERVER

Kranialnerv - kärnorna ligger i förlängda märgen förutom CN1 och CN2

CN	Namn	Funktion	Förlopp	Kärna
CN1	Olfactorius Sensorisk	Känna doft (enda som kommer från storhjärnan)	Löper fram genom lamina cribrosa , skickar ut sina luktfibrer genom Os ethmodiale.	Förlängning av Telencephalon, ca 1 cm lång.
CN2	Opticus Sensorisk	Synnerven (enda som kommer från storhjärnan). Ljus och ackommodations reflexen. Signalerar till Edinger-Wesphals kärnan.	Löper ut genom canalis opticus som ligger i mediallyt i os sphenoidale. Löper med a. Ophthalmica	
CN3	Oculomotorius Motorisk	Fyra av de sex muskler som styr ögat: Rectus superior, inferior, medius, obliquus inferior Även m Sphinkter pupillae – Parasympatisk nerv som kontraherar vid ljus efter signal från Edinger-Wesphals kärnan (info från CNII) som löper vidare till postganglionära neuron i ganglion ciliare. Samt m Levator palpebrae superioris – lyfter ögonlockert.	Löper ut genom Fissura orbitalis superior som ligger i os sphenoidale ligger lateralt om canalis opticus	Mesecephalon Dorsal-Medialt
CN4	Trochlearis Motorisk	Innerverar obliquus superior som styr 1/6 ögats muskler – rörelse nedåt och inåt.	Löper ut genom Fissura orbitalis superior som ligger i os sphenoidale, ligger	Mesecephalon

			lateralt om canalis opticus	
CN5	Trigeminus Båda	Delar upp sig intrakraniellt i tre delar efter dorsalrotsgangliet. V1 - Ophthalmicus (bara) sensoriskt på pannan och övre ögonlock och näsryggen. Bidrar till blinkreflex. V2 - Maxillaris, innerverar sensoriskt över käket och kinderna V3 - Mandibularis - sensoriskt underkäken samt känsl i tungan och motoriskt till käkmuskulaturen. Har en förgrening kallas N Lingualis som innerverar främre 2/3 av tungan.	V1 - fissura orbitalis V2 - foramen rotundum – går ut genom foramen infraorbitale V3 - foramen ovale – går ut genom foramen mentale	Metencephalon (PONS)
CN6	Abducens Motorisk	Sista muskel som styr 1/6 ögas M. rectus lateralis	Löper ut genom Fissura orbitalis superior som ligger i os sphenoidale ligger lateralt om canalis opticus	Metencephalon (PONS)
CN7	Facialis Båda	Förgreningar vid meatus acusticus interna: - N. Stapedius - N. Chorda tympani – smälter samman med N Lingualis (V₃). Därmed smak anterior 2/3. - N. Petrosus Major – Gl. Lacrimale, parasympatisk Förgreningar EFTER canalis facialis: All motorisk innervering i ansiktet förutom käkmuskulaturen (Tuggmuskulaturen). Dessutom smaken på den främre 2/3 av tungan. Salivering, tårkanaler. - Temporales - Zygomatici - Buccales	Börjar att löpa in meatus acusticus interna till canalis facialis. Därefter dyker den ut genom foramen stylomastoideus .	Metencephalon (PONS)

		- Marginalis mandibulae - Colli/cervical		
CN8	Vestibulocochlearis Sensorisk	Hörsel och balans – VOR-reflexen	Löper tillsammans med fascialis men löper ut till innerörat genom meatus acusticus internus	Metencephalon (PONS) Dorsalt (ska vara mer lateralt än medialt)
CN9	Glossopharyngeus Båda	Muskler av svaljets sensorik (tonsiller) enstaka muskler här, även baroreceptorer (autonom komponent) på sinus caroticus. Tar den posteriora delen av smaken på tungan (1/3).	Foramen jugulare	Medulla Oblongata
CN10	Vagus Båda	Bukväggen, bäcken och thorax, och baroreceptorerna. Väldigt lång. Sensoriskt också. Viktigaste parasympatiska nerven. Autonom (parasymptisk) eller somatisk Muskulatur i svalget --> kan bli hes vid störning. Kan anses vara den viktigaste kranialnerven. Smak i epiglottis.	Foramen jugulare	Medulla Oblongata
CN11	Accesorius Motorisk	Innerverar m Trapezius och Sternocleidomastoideus, uppstår på ryggmärgsnivå, men löper intrakraniellt. Enbart motorisk. Om störd kan man ej höja på axlarna	Uppstår i ryggmärg, löper upp i foramen magnus , svänger ut sedan igen i Foramen jugulare	Medulla Oblongata (långt ned – cervikal ryggmärgsnivå)
CN12	Hypoglossus Motorisk	Innerverar alla muskler under/i tungan → Otto Ringquist som inte kunde sträcka ut tungan ordentligt	Löper ut strax lateralt om foramen magnum i canalis nervi hypoglossi	Medulla Oblongata Medialdorsalt

Bild på hur kärnorna ligger i hjärnans anatomi-kompndiet.

Minnesregler:

- ⇒ Motoriska kärnor tenderar att ligga mer **MEDIALT**.
- ⇒ **Rule of 5** – alla kranialnerver som innehåller V har sin kärna belagd i PONS. Dvs CN IV, CN V, CN VI, CN VII och CN VIII
- ⇒ **Rule of 12** – alla kranialnerver som är en faktor av 12 ligger medialt, dvs kranialnerv 3, 4, 6 och 12.

CN V – TRIGEMINUS

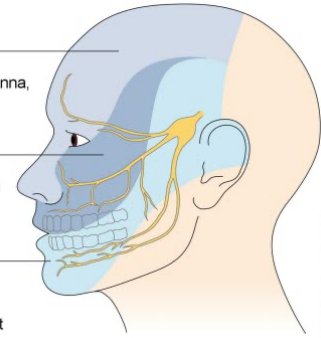
Kranialnerv fem heter trigenimus och innehåller både sensoriska och motoriska nervfibrer. Den är tjock och delar sig i tre grenar som namnges V1-3.

1. **Ophthalmicus** – fissura orbitalis superior - sensoriskt på pannan och övre ögonlock och näsryggen
2. **Maxillaris** – foramen rotundum - inriverar sensoriskt över käket och kinderna
3. **Mandibularis** – foramen ovale - sensoriskt underkäket och motoriskt till käkmuskulaturen

1:a grenen: nervus
ophthalmicus:
Ögon, ögonbryn, näsa, panna,
främre delen av skalpen

2:a grenen: nervus
maxillaris:
Kind, överläpp, tänder och
tandkött i överkäken,
nedre ögonlock

3:e grenen: nervus
mandibularis:
Underläpp, tänder och
tandkött i underkäken,
tunga, huden framför örat



© Brigitte Lencze-Burkhardt 2012

CN X – VAGUS

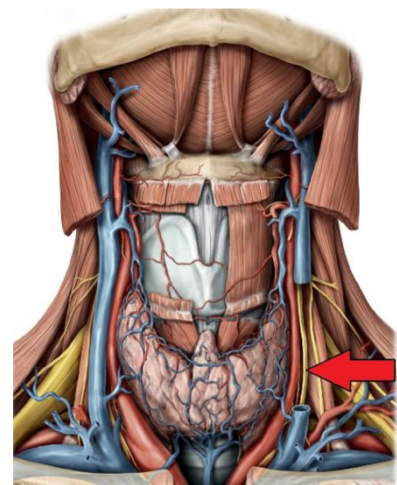
Ger parasympatisk inrivering till alla organ, till och med 2/3 av colon transversus. Ej binjuren. Nedan detta sköts av Nn. Splanchnici pelvici (S2-S4)

Kärnor:

- Nucleus ambiguus (motorik i svalg och larynx)
- Nucleus dorsalis nervi vagi (parasympatik till thorax och buk)
- Nucleus tractus solitarius (smak och visceral afferens)

Förlopp:

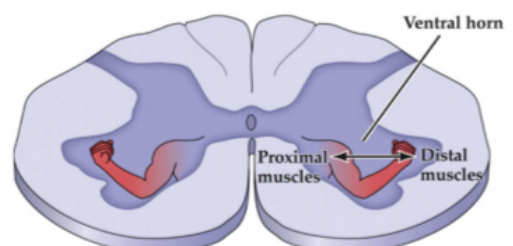
Medulla oblongata -> Foramen jugulare tillsammans med CN IX, CN XI och V. Jugularis interna. I samband med utträde ses två ganglion: ganglion superius et inferius -> vagina carotica mellan Carotis artärer och V. jugularis. -> Medialt förlopp och passerar anterior om A. Subclavia och når thorax



DEN MOTORISKA ENHETEN

Den motoriska enheten definieras som ett **alfa-motorneuron + muskelfibrer**. Ett motorneuron kontakter flera muskelfibrer men en muskelfiber styrs BARA av ett motorneuron. Hur många fibrer beror på vad motorneuronet gör. Exempelvis låret har stora enheter då det inte är så precisionskrävande muskler. Ökat däremot som är väldigt finmotoriskt har många små enheter. Genomsnitts muskeln har ca 100 motoriska enheter.

- » Motorneuronen ligger i ryggmärgens **ventralhorn**, utspridda över flera segment.
- » Motorneuron till axelnära muskelgrupper, som kräver mer styrka än precision, ligger medialt i ventralhornet.



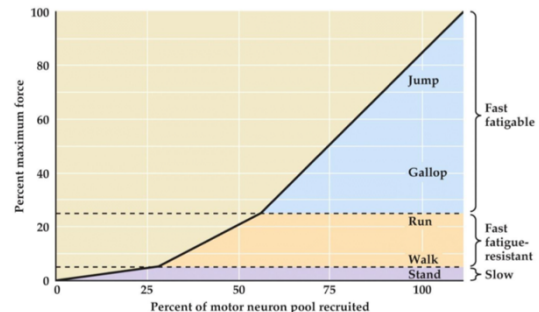
- » De distala musklerna (som ofta kräver mer precision) ligger lateralt.

FIBERTYPER

En motorisk enhet består av ett motorneuron kopplade till EN muskelfibertyp

- » **Röda fibrer/typ 1.** Låg kraft trots mycket stimuli. Uthålliga
- » **Typ 2x.** MYCKET kraft men förlorar denna snabbt
- » **Typ 2a** ligger mellan dessa! Relativt uthållig.

Dessa motoriska neuron kommer att aktiveras en i taget om mer styrka behövs. De rekryteras i ordningen "svagast först". Genom **temporal summation** kan vi lättare nå det tröskelvärde som får våra muskler att kontrahera!



- » Mekaniken bakom det är lite överkurs men tänk att stora neuron, tillhörande starka fibrer, påverkas mindre av en impuls än vad ett litet neuron → stor yta = liten resistans → låg membranpotential

MOTORNEURON

Alfa-motorneuron, direkt innerverar extrafusala muskelfibrer och kontrollerar dess kontraktion.

Gamma-motorneuron, innerverar intrafusala muskelfibrer. Utgör muskelspolen tillsammans med sensoriska afferenter, vilket detekterar förändring i längd hos muskeln som hanteras av hjärnan som proprioception.

- Vid kontraktion eller förlängning av extrafusala muskelfibrer reglerar gamma-motorneuron samtidigt intrafusala muskelfibrers kontraktion, vilket håller muskelspolen spänd och upprätthåller dess känslighet.

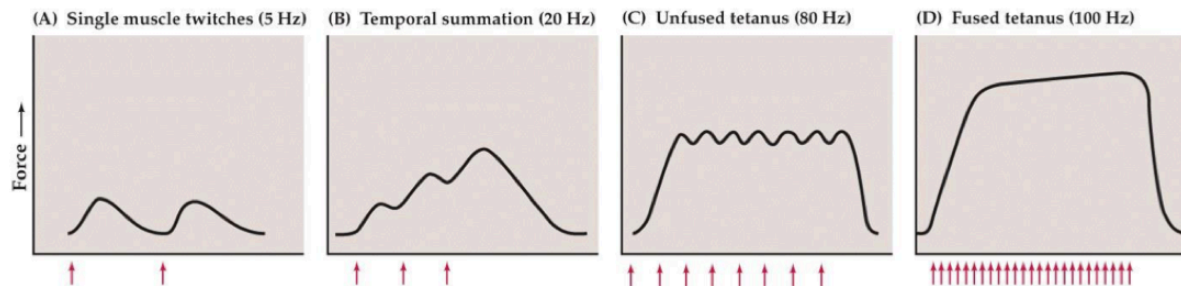
KONTROLL AV MUSKULATUR

Det finns två olika sätt att styra kraften i muskulaturen (viktigt, kommit på tentamen):

1. Antalet motoriska enheter påverkar kraften. Man kan därmed efterhand rekrytera starkare motoriska enheter för att kontrollera snabba fibrer.
2. Öka fyrningsfrekvensen till våra motoriska enheter

Genom att öka fyrningsfrekvensen kan man nyttja temporalsummation som innebär att man adderar de aktionspotentialer som skapas och skapar på så vis en högre kraft (kraften i kontraktionen). Nyckelfaktorn till detta är intracellulärt kalcium. Det beror på att fritt intracellulärt kalcium leder till aktivering av det kontraktila maskineriet.

- » Om man aktiverar den neuromuskulära synapsen kommer kalciumnivåerna i cellen att stiga som möjliggör en kontraktion (mer om hur lite längre ned). Men kalciumet kommer att sugas tillbaka till det intracellulära förvarningssystemet igen när potentialer går ned.



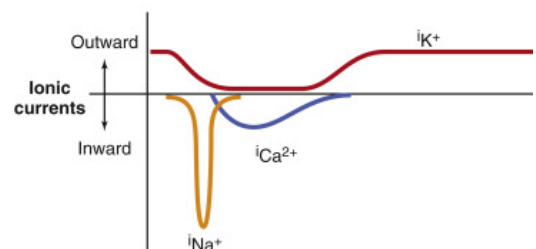
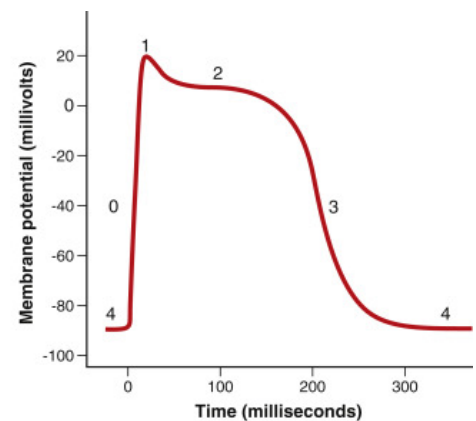
- » Det man motverkar genom temporalsummation är att allt kalcium inte hinner sugas tillbaka innan ny stimuli vilket resulterar i en högre koncentration kalcium.

MUSKELKONTRAKTION

Alfa-motorneuronen utsöndrar acetylkinolin, vilket är den enda neurotransmittorn som används i den neuromuskulära junctions. Acetylkinolin binder in till jonotropa receptorer (kemisk synaps, EPP), och muskelcellen depolariseras genom ett högt inflöde av natrium. För att få en muskelkontraktion måste muskelcellen få ett **stort inflöde av Ca**. Detta sker både när spänningsreglerade Ca-kanaler i cellmembranet öppnas men även när spänningsreglerade Ca-kanaler i sarkoplasmatiske retiklet öppnas!

OBS! Detta är alltså **exakt samma** intracellulära process som hos de **kontraktila hjärtcellerna**, med undantag för att skelettmuskulaturen mottar sin information från en kemisksynaps och hjärtats kontraktila får det genom en elektrisksynaps.

I dessa celler är vilomembranpotentialen -90mV (skiljer sig från nervcellerna).



- » Jonotropa Na/K-kanaler öppnas. 3 Na flödar in för varje 2 K som lämnar (nettopositivt). -90mV → -55mV
- » **Fas 0:** Ett högt natriuminflöde genom spänningskänsliga kanaler, kommer enligt hogkind cykel att stimuleras kraftigt och ökar membranpotentialen snabbt till +10mV → depolarisation
- » **Fas 1:** Na⁺ kanalerna inaktiveras snabbt samtidigt som snabba K⁺-kanaler aktiveras och börjar skicka ut kalium extracellulärt för att sänka potentialen → kort repolarisering
- » **Fas 2:** Depolariseringen på +30mV kommer även att öppna Ca²⁺-kanaler, både intracellulärt i sarkoplasmatiske retiklet samt i cellmembranet. Ca²⁺-inflödet blir stort men ger inte påverkan på membranpotentialen. (detaljerat hur detta går till finns i EKG kompendiet)

- Kalcium som frisätts till cytosolen binder till troponin som i sin tur binder till tropomyosin. Inbindningen får tropomyosinet att flytta på sig → myosinhuvudet kan integrera med aktinet → kontraktion
- » **Fas 3:** Kalciumkanalerna stänger sig. Kalcium släpper troponin och färdas antingen tillbaka till det sarkoplasmatiske retiklet eller ut ur celler (ATP-krävande transport) Även långsamma K⁺-kanaler öppnas (se figuren uppe till höger) vilket får potentialen att sjunka till -90 mV + att de snabba K⁺-kanalerna öppnas helt igen.
- » **Fas 4:** Vid denna potential vilar sedan dessa celler till dess att en ny ström av joner (som blivit stimulerade av en kemisk synaps) Upprätthålls av aktiva, energikrävande pumpar som genererar en koncentrationskillnaden mellan insidan och utsidan av nervcellen.

AVSLUT

Signalerna till muskelcellen minskar när acetylketolinet till sist släpper de nicotinergera receptorerna. Detta kan ske på två sätt:

- » Acetylketolinet diffunderar självmant bort
- » Det bryts ned av acetylketolinesteras och blir till acetat och kolin.

MEKANISMEN BAKOM KONTRAKTIONEN

I vila så tippar myosinhuvudet lite. När ATP binder in till huvudet och fosforyleras så tiltar det uppåt mot aktinet, men fäster inte än, som om man spänner upp en musfälla. Både ADP och en fosfat sitter alltså på myosinet. När troponin-tropomyosin komplexet binder med kalciumjoner kommer de aktiva ytorna på aktinet att friläggas som tidigare beskrivet. Vid signal från motorneuronet kommer spänningen att släppa för att sedan spännas upp på nytt. På detta sätt kan myosinet krasa sig uppför aktin filamentet och skapa en kontraktion.

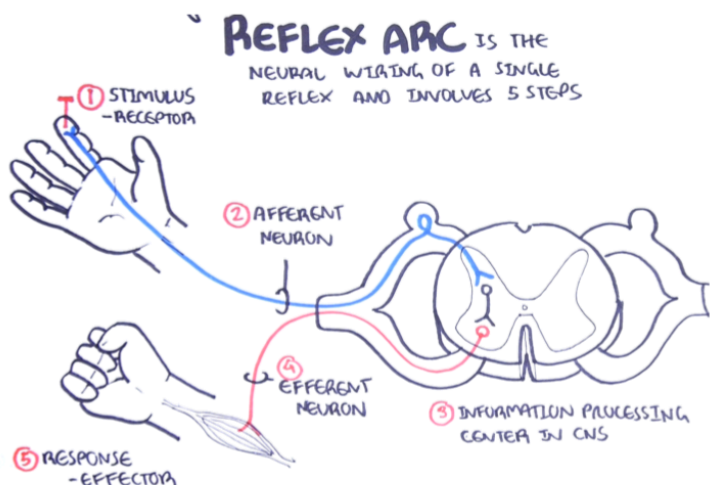
REFLEXER

Sensorisk input kan generera en motorisk ut via PNS utan gå upp till hjärnan utan helt röra sig i lokala ryggmärgskretsar. Detta kallas en **reflexbåge** och delas in i 5 steg:

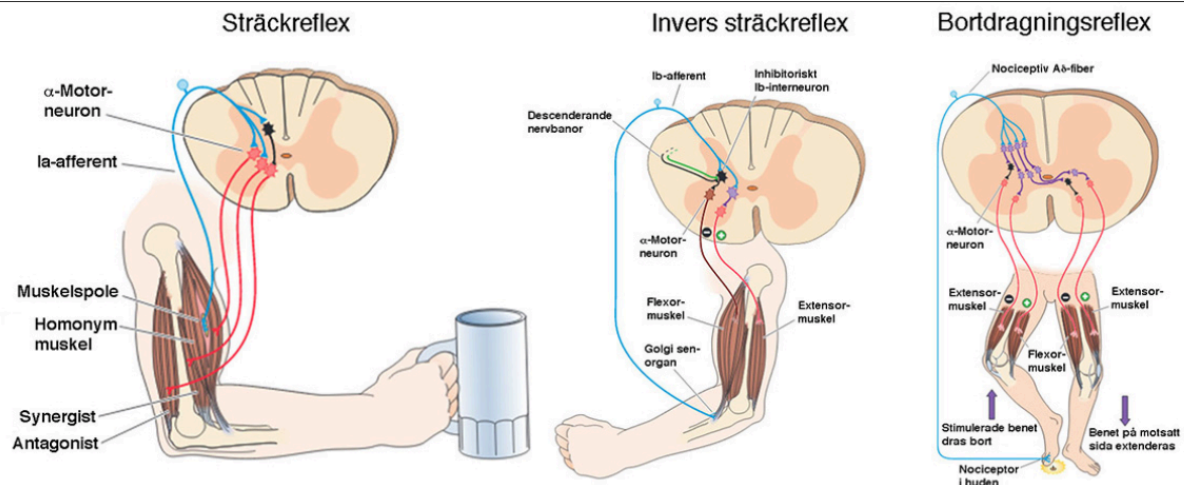
1. Receptor upptäcker stimuli
2. Signal färdas med afferent (sensorisk) neuron till ryggmärgen (CNS)
3. CNS processar signalen lokalt i ryggmärgen
4. Efferenta motorneuron skickar signalen vidare till utsatt muskel
5. Muskeln agerar på signal → kontraherar.

Reflexer finns till för att vi snabbt ska kunna reagera på afferent signalering från sensoriska receptorer. Då signalen kan ha detekterat något farligt för muskel eller vävnad måste signalen kvickt bearbetas. Det finns tre olika typer av sensoriska receptorer som genererar tre olika typer av reflexsvar (kan ses nedan):

- » **Muskelspolen** → detekterar muskellängd → sträckreflex
- » **Golgi senorgan** → detekterar muskelspänning → invers sträckreflex



- » **Nociceptiv information** (smärtreceptorer → detekterar smärta/vävnadsfara → flexorreflex/korsad sträckreflex/bortdragningsreflex)



Bilder modifierade från Purves et al., "Neuroscience", 4th Ed; Sinauer Associates Inc.

PROPRIOCEPTION

Detta är ett bra begrepp att känna till. **Proprioception** innebär människans känsla för position och rörelse för kroppsdelar, som är extra viktigt vid komplexa rörelser. För att detta skall fungera måste signalerna gå fort varvid de leds via **tjocka fibrer** som att delar sköts på **ryggmärgsnivå**. Denna information mottas genom

- ⇒ Muskellängd (muskelspole)
- ⇒ Muskelspänning (golgisensor)
- ⇒ Ledvinklar (ledreceptorer)
- ⇒ Sträckningsgrad av huden (ruffini och merkel, extra viktigt i handen)

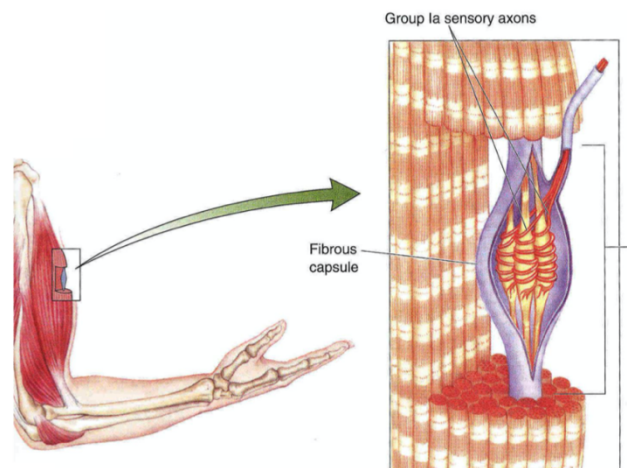
Målet är att skicka signaler till

- » Nervceller i ryggmärgen som modulerar rörelser och medierar reflexer
- » Cerebellum (spinocerebellära banor) och hjärnstam
- » Baksträngskärnan/thalamus/SI

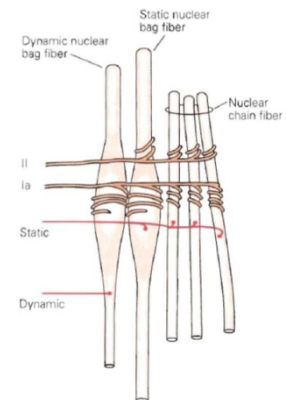
STRÄCKREFLEX

Denna reflex kommer få sin information från muskelspolar som ligger inbäddade bland extrafusala muskelfibrer. Muskelspolarna är en liten sensorisk struktur som är en så kallad modifierad muskelfiber och kallas för en **intrafusala fiber**. Runt spolarna lindar sig sensorisk tråd, samt kapslas in av en bindvävskapsel.

Det finns två olika nervfiber-typer som är oberoende av varandra, typ II och Ia. Dessa nervfiber-typer tar information från tre stycken olika intrafusala muskelfiber-typer:



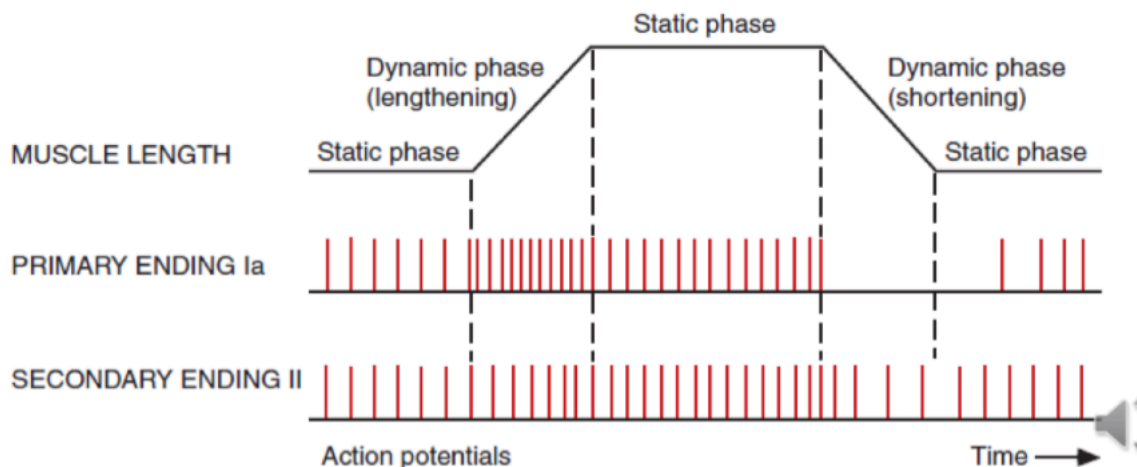
- » **Nuclear chain** - sänder ut **statiska** signaler (hur **lång** är muskeln just NU!) via både den primära afferenten bestående av Ia-fibrer samt via den sekundära afferenten bestående av II-fibrer.
- » **Static nuclear bag** - sänder även dem ut **statiska** signaler likt NC.
- » **Dynamic nuclear bag** – skiljer sig från de två ovanstående på så vis att dessa sänder ut dynamiska signaler (med vilken **hastighet** förändras muskelns längd just NU). Dessa signaler kommer ENDAST sändas via de primära afferenterna (Ia-fibrer).



Parentes: fibrerna, Ia och II, är egen nomenklatur för muskelafferenter och kan benämnas med alfa och beta också.

Den primära afferenten (Ia) kommer således att skicka både dynamisk och statisk information till CNS, medan den sekundära afferenten (II) endast förmedlar statiska signaler. Ia-fibrer sänder signaler tämligen snabbare än II-fibrer, men bägge två är myeliniserade. Nedan ser vi en bild som beskriver aktionspotentialer som fyras iväg i både primära och sekundära neuron, i förhållande till en muskels rörelse. Vi observerar

- » **Sekundära afferenten** (II-fibrer) kommer att fyra i en takt proportionellt mot dess längd. Detta ser vi att frekvensen ökar vid en längd ökning av muskeln. Vi ser även att det statiska är konstant aktiva → förmedlar hur lång muskeln är vid nuläget (hissen är ALLTID på en våning)
- » **Primära afferenten** kontaktar både statiska och dynamiska fibrer. Vid en förlängning (se nedan) av muskeln arbeta kommer vi få en ökning av aktionspotentialerna. När sedan muskeln slappnar av kommer det knappt ske någon fyrning över huvudtaget. När muskeln förlängs blir fyrningsfrekvensen positiv och när den förkortas blir den negativ (en hastighet har olika riktning).



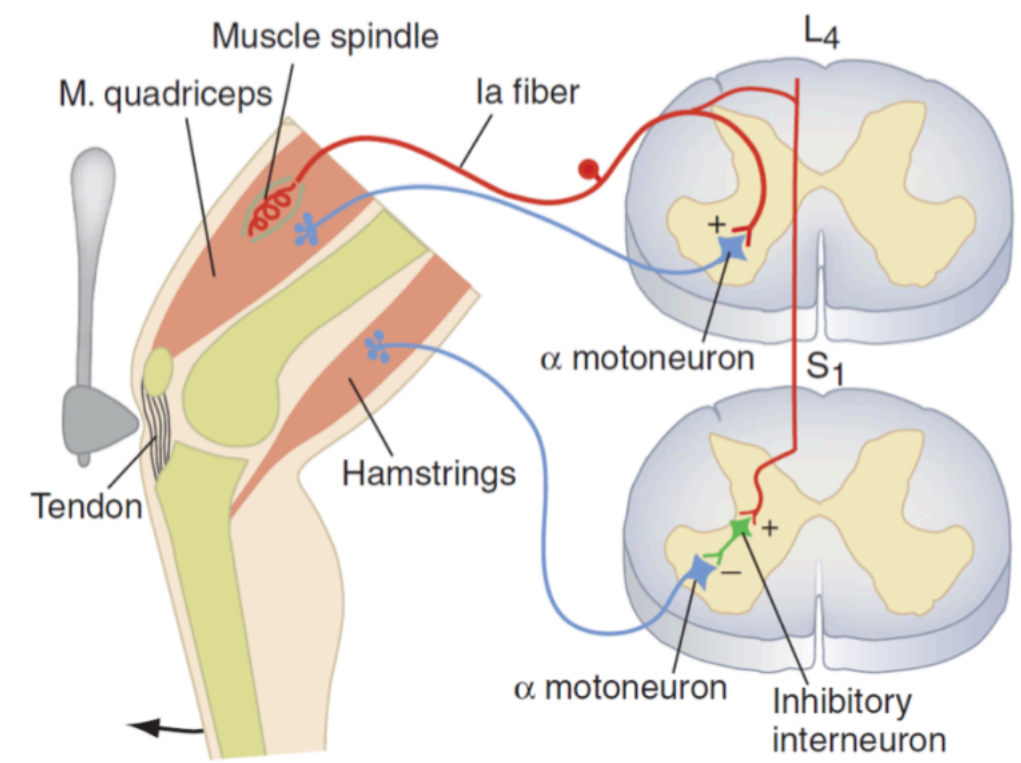
FÖRLÄNGNINGSKONTRAKTION

Vid en så kallad **förlängningskontraktion (excentrisk kontraktion)** förlängs muskeln, medan den utövar kraft. Orsaken till att den förlängs är att den påverkas av en yttre kraft, som är större än den kraft den själv utvecklar. Den yttre kraften utvecklas vanligen av en annan muskel med motsatt effekt. När vi böjer armen i armbågen utövar de böjande armmuskerna större kraft än de uträtande armmuskerna, men båda muskelgrupperna utövar kraft. Detta är nödvändigt för att vi ska kunna kontrollera rörelsen. Om uträtarmuskerna var helt avslappade, skulle rörelsen bli snabb och fullkomligt okontrollerad. I stället har vi både gas och broms.

HÄNDELSEFÖRLOPP

Vid en sträckreflex, eller reciprok inhibition, innebär att man får sensorisk information som går upp till ryggmärgen och synapsar mot ett motorneuron som aktiveras av inflödet den får från muskelspolen

Vi tänker på patellarreflexen. När vi slår på ligamentet framkallar vi en liten sträckning i M quadriceps som muskelspolarna detekterar. Snabbt kommer de dynamiska fibrerna känna av detta och skicka signaler vid primära afferenter (Ia- fibrer). Monosynaptiskt kommer Ia fibern att synapsa excitatoriskt mot alfa-motorneuronet som går till muskelbuen som reagerat på sträckningen. Detta leder till en kontraktion i M. quadriceps och vårt ben "sparkas framåt".



RECIPROK INHIBITION

⇒ **Inhibering av antagonistisk muskulatur.**

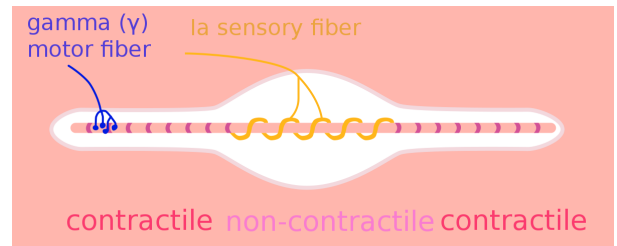
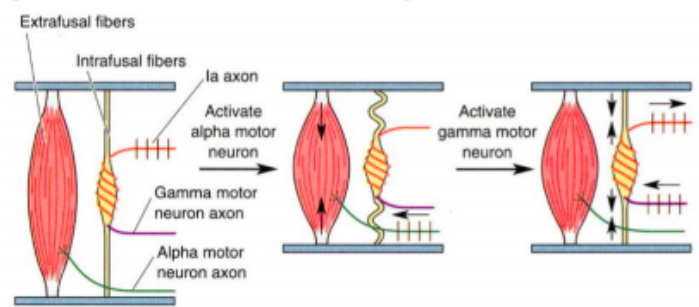
Observera att detta inte är det enda som händer! Om enbart ovanstående hade skett hade hamstrings också fått en sträckreflex som hade lett till att vi sparkat fram och tillbaka hela eftermiddagen. Kroppen har ett sätt att motverka detta genom **kollaterala fibrer** → kallas **reciprok inhibition**. Dessa fibrer kommer att gå ned i inhibitoriska internueron som kontakter det motorneuron som går till antagonistisk muskulatur och hyperpolariserar dem. **NOTERA** att INGA inhibitoriska motorneuron som hämmar en muskulatur existerar. Det vill säga, när hamstrings muskelspolar känner av en sträckning och skickar signaler upp till sina motorneuron kommer dessa vara **inhiberade** att kunna utlösa en afferent signal via motorneuronet.

GAMMA-MOTORNEURON

Samtidigt som ovanstående sker kommer även en monosynaptisk överkoppling till ett gamma-motorneuron äga rum, vilket kallas för en **co-aktivering**.

Nervtrådarna, gamma-motorneuron, går till muskelpolarna dvs de intrafusala muskelfibrerna bestående av nuclear chain och bags som parallellt med den stora muskelbuen. Vid stimulans kommer dessa att **kontrahera**. Detta gör att muskelspolen sträcks i samma takt som de extrafusala fibrerna kontraherar. Detta är viktigt för:

- » Reglera muskelspolens känslighet → ex vi går på lina, då vill vi snabbt detektera små förändringar
- » Aktiveras alltså vid precisionskrävande rörelser.

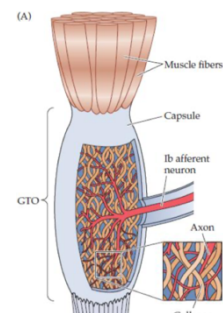


INVERS STRÄCKREFLEX

Golgis senorgan känslereceptor som sitter i övergången mellan muskelfibrer och sena, och skickar information till centrala nervsystemet om senans belastning. Den består av kollagenstrådar inkapslat i bindväv där en afferent nervtråd letar sig in.

När muskeln sträcks kommer den afferenta nervtråden (Ib-fibrer) att pressas mot kollagenet vilket leder till en aktionspotential. Senorganet kommer alltså inte känna av en förändring av längd utan enbart **spänningen** i senan

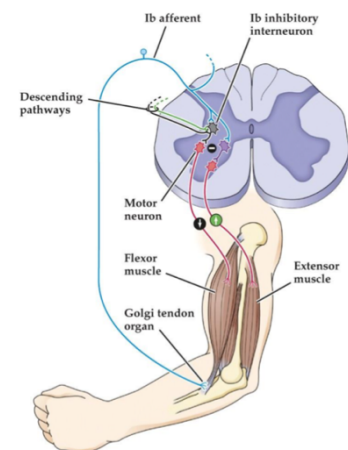
- » Golgi kommer därmed få väldigt fart när **muskeln kontraheras**.
- » Jämnar ut belastningen mellan olika delar av muskeln
- » Ger återkoppling om spänningsgrad



HÄNDELSEFÖRLOPP

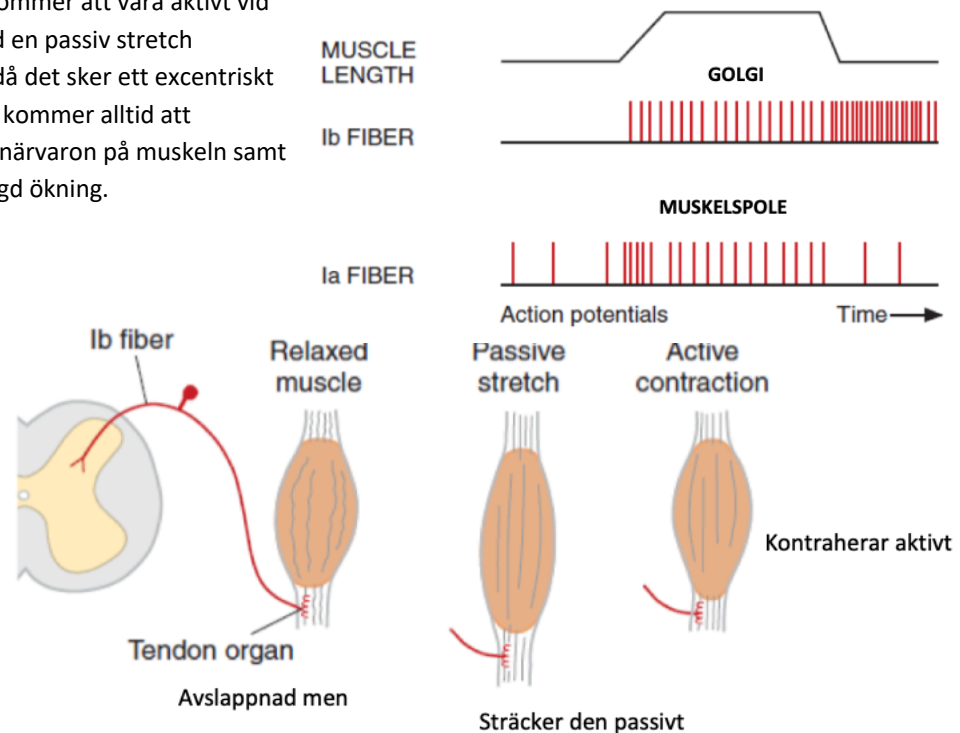
Golgi från biceps aktiverar genom att biceps kontraherar. Signal leds via myeliniserade Ib-fibrer till ryggmärgen där det kopplas om till två olika interneuron:

- » Ett inhibitoriskt interneuron som inaktiverar alfa-motorneuronet till muskeln som registrerat spänningen i GTO (golgi senorgan)
- » Ett excitatoriskt interneuron som aktiverar alfa-motorneuronet till antagonisten, vilket ytterligare minskar spänningen i GTO hos agonisten.



JÄMFÖRELSE MELLAN GOLGI OCH MUSKELPOLE

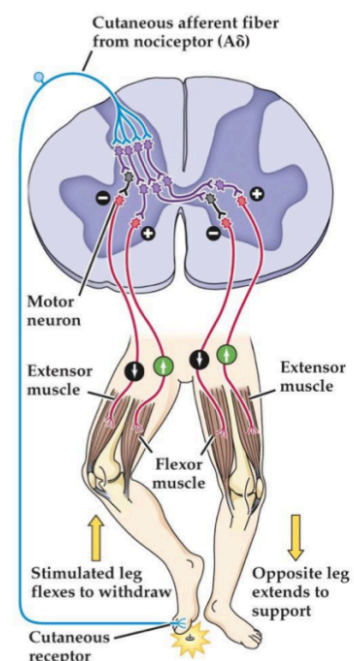
Observerar att golgi kommer att vara aktivt vid en kontraktion och vid en passiv stretch (spänning i muskeln) då det sker ett excentriskt arbete. Muskelspolen kommer alltid att meddela den statiska närvaron på muskeln samt öka sin fyrning vid längd ökning.



BORTDRAGNINGSPREFLEX

När vi får ett nociceptivt inflöde, dvs signaler om att något farligt eller smärtsamt stimulerar våra sensoriska receptorer får vi en bortdragningsreflex/korsad sträckreflex. Aktiveringen av lokala kretsar i ryggmärgen syftar till att flexera den stimulerade extremiteten och extendera den andra extremiteten för att ge kompensationsmässigt stöd.

- » Signalen går via A-delta fibrer till ryggmärgen där de kopplar om till interneuron och är därmed inte monosynaptiska.
- » En överkorsning till motsatt sidas alfa-motorneuron kommer där att få extremiteten att spänna sig (om höger fot känt av smärta kommer vänster ben att aktiveras)
- » På samma sida som stimuli detekteras kommer extremitet att dras undan → flekteras

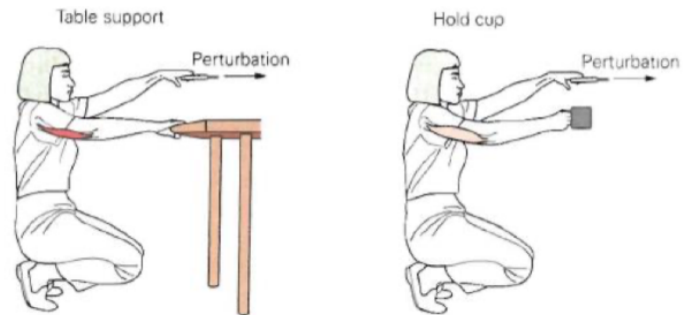


INTEGRERING AV REFLEXER OCH HÖGRE MOTORIK

Alla tre ovanstående reflexbågar kan skötas helt på spinalnivå, men det är viktigt att komma ihåg att gränsen mellan vad hjärnan och ryggmärgen styr inte är helt **svartvit**. Hur lätt en reflex kan utlösas kan regleras av andra nervbanor. Hjärnan kan alltså inte påverka reflexen som sådan men den kan styra tröskelvärdet → dvs reglera om reflexen kommer utlösas eller inte.

⇒ Exempel; Ia interneuronen får inflöde från många håll, inte bara kollateraler utan även hjärnstammen. Ibland vill man inte hämma antagonisten som på bilden nedan. Om någon drar i snöret sker en sträckning så att hon aktiverar triceps för att förhindra att hon faller framåt.

⇒ Däremot i bild nr 2 kommer hon tvärtom att spänna biceps och inte triceps för att undvika att tappa muggen i backen. Istället tar hon eventuellt ett steg framåt för att bromsa sig själv.



GÖR TABELL

Beskriv fördelning av
Na/K/Cl/Ca över membranet
och respektive
jämviktpotential

*Natrium: 150 mM på utsidan, 18 mM på insidan.
Jämviktpotential: +60 mV
* Kalium: 3 mM på utsidan, 135 mM på insidan.
Jämviktpotential: -90 mV
* Klorid: 120 mM på utsidan, 7 mM på insidan.
Jämviktpotential: -76 mV
* Kalcium: 1,2 mM på utsidan, 0,1 μ M på insidan.
Jämviktpotential: +125 mV

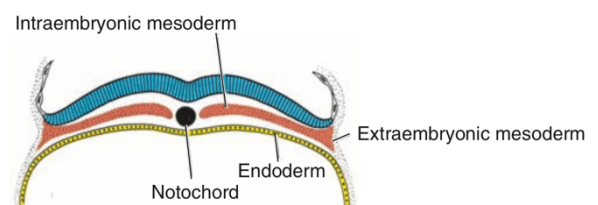
BÅLEN

RÖRELSEAPPARATENS UTVECKLING

GASTRULATIONEN

Under vecka tre av graviditeten kommer **gastruleringen** att äga rum. Detta sker först genom att den **primitiva noden** bildas i epiblasten och pekar kranialt. Detta är embryots organiserade och är viktigt för basalkroppsplanet. Dessutom bildas även den **primitiva strimman** som definierar höger och vänster.

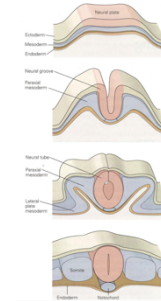
Cellerna i epiblasten kommer att migrera genom den primitiva strimman i en process som kallas invagination och ersätter hypoblastcellerna. De tre definitiva groddbladen bildas → ektoderm, mesoderm och endoderm. I mesodermet bildas **notokorden** som ligger i mitten.



- ⇒ Notokorden kan ses som en primitiv ryggmärg → dvs ligger i mitten och är viktigt för orienteringen.
- ⇒ Viktig vid anläggning av ryggkotor
- ⇒ Bildar nucleus pulposus (ersätts)

EKTODERM - NEURALPLATTAN

När de tre bladen bildats kommer ektodermet få en uppdrivning i mitten som bildar **neuralplattan**. Resterande del av ektodermet kommer bilda **yt-ektoderm**. Neuralplattan får en fura som blir tydligare och tydligare, samt större kaniellt. Genom en sammansmältning av furaans uppdrivningar bildas ett rör som internaliseras i kroppen. Yt-ektodermet fogar sig ovan det nybildade **neuralröret** → detta gör att hjärnan hamnar i kroppen

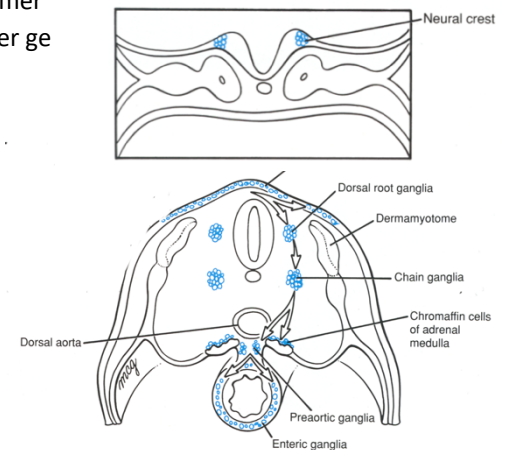


- » Ger upphov till ryggmärg och hjärnan

NEURALLIST

En liten cellpopulation av ektodermet kallat **neurallist** (neural crest) kommer att i samband med att neuralröret bildas att migrera. Neurallisten kommer ge upphov till ett antal cellpopulationer:

- » **PNS** – Leukocyt inducing factor
- » Dorsalrotsganglier
- » Sympatiska ganglier – FGF2
- » Parasympatiska ganglier
- » Nervceller i enteriska nervsystemet
- » Binjuremärgen – Glukokortikoider



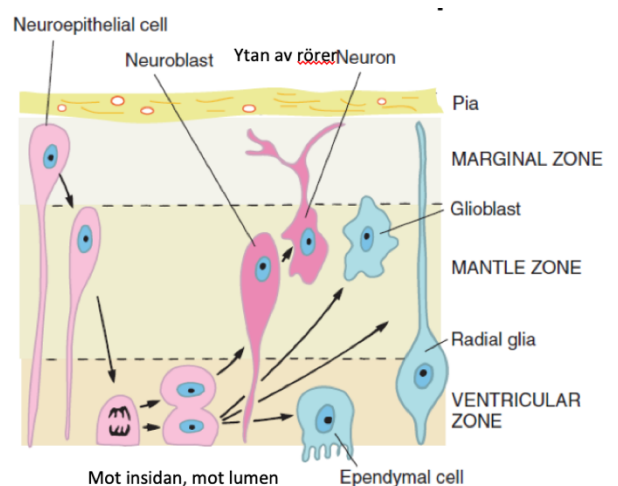
Specifika signalmolekyler styr ofta vilken mogen celltyp neuralcrest progenitorcellerna utvecklas till som anges ovan.

NEURALRÖRET – RYGGMÄRGEN

Neuralröret kommer genomgå celledelning och blir därmed tjockare och tjockare vilket sker in mot mitten vid det **ventrikulära lagret**. Därefter kommer cellerna att vandra utåt genom att klättra på radiella glia celler, för att differentiera och dela sig.

Först bildas nervceller → i en andra våg kommer glia och ependymceller (klär in ventrikelsystemet) (mikroglia vandrar in senare).

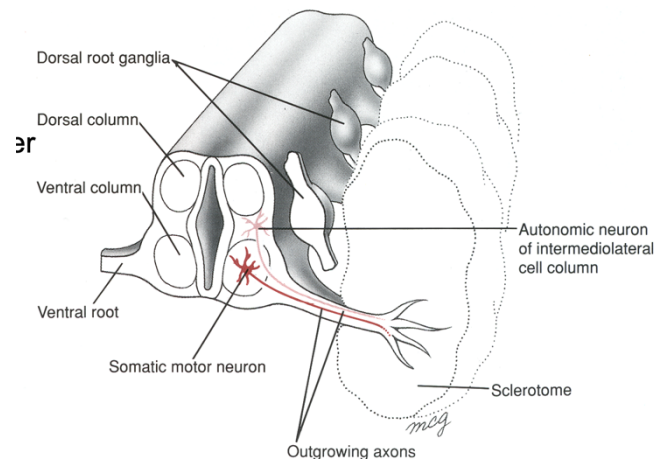
- ⇒ Det bildas ett **marginallager** som ligger diktan pia mater → vit substans



⇒ Och ett **mantellager** som ligger i mitten → grå substans

Mantellagret delas upp i ventrala och dorsala kolumner:

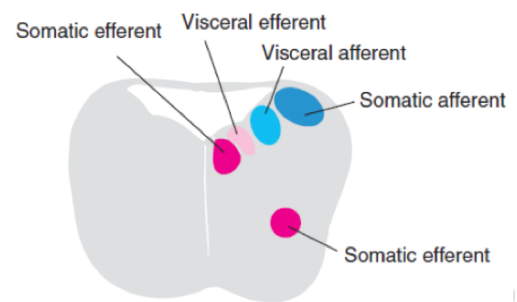
- » **Ventrala** kolumner ger upphov till somatiska och autonoma motorneuron
- » **Dorsala** (alara) kolumner ger upphov till andra ordningens sensoriska neuron och interneuron. Detta innebär att de tar emot info från primära afferenter som löper in här samt skickas vidare uppåt i ryggmärgen.



FÖRLÄNGDA MÄRGEN

I förlängda märgen kommer liknande uppdelning av kranialnervernas kärnor att ske. Kärnorna kommer i huvudsak ligga dorsalt, med de **afferenta kärnorna lateralt** och de **efferenta kärnorna medialt** (se bild).

- » Det **somatiska** (viljestyrda) kärnorna kommer att hamna mest medialt eller mest lateralt.
- » De **viscerala** (autonoma) kärnorna som hamnar mitt emellan.

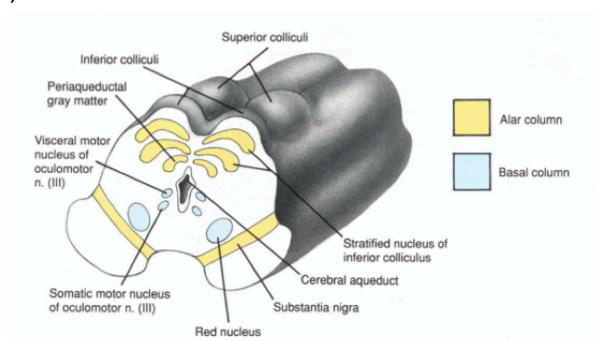


MESENCEPHALON

Även här anläggs det likartat med ventrala och dorsala kolumner, men där de dorsala kolumnerna med tiden tar över mer och mer. Detta beror på att det högre upp i nervsystemet finns/behövs mindre och mindre motorneuron.

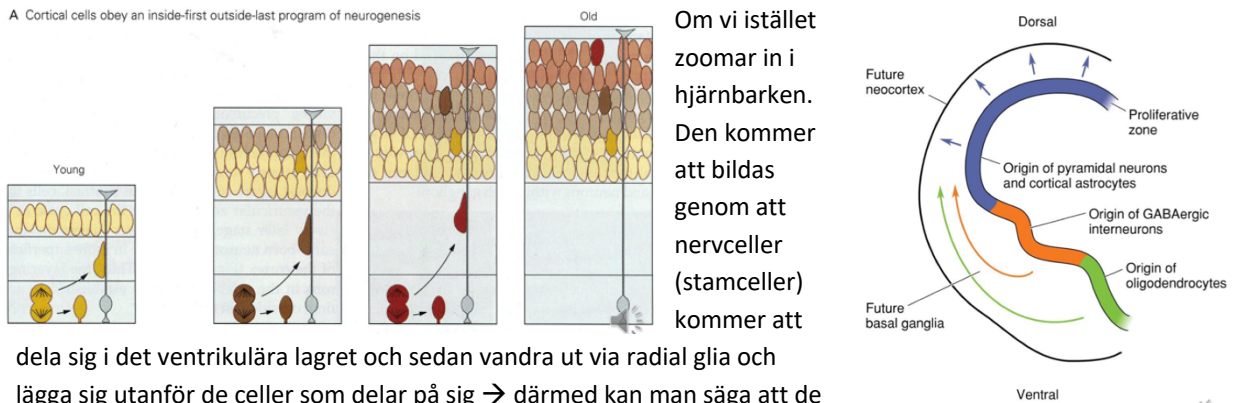
Det blåa som syns på bilden är kranialnervskärnor.

Uppe i prosencephalon talar man inte längre om några kolumner!



CORTEX

A Cortical cells obey an inside-first outside-last program of neurogenesis



Om vi istället zoomar in i hjärnbarken. Den kommer att bildas genom att nervceller (stamceller) kommer att

dela sig i det ventrikulära lagret och sedan vandra ut via radial glia och lägga sig utanför de celler som delar på sig → därmed kan man säga att de bildas inifrån och ut. Detta innebär att de inre lagerna i hjärnans bark är äldre än de yttre. Ett UNDANTAG är dock cellerna i lager 1, vilka bildas efter lager 6. Detta är ett exempel på en **asymmetrisk delning**.

I cortex kommer det även finnas celler som dock inte urspringer från samma ställe som övriga celler. Dessa är bland annat de glutamaterga och GABAerga cellerna samt oligodendrocyter, vilka bildas i den ventrala framhjärnan och sedan migrerar bak. Denna migration kallas för **tangentiell migration**.

FUN FACT HJÄRNAN

- » Cortex kommer till en början efter födseln vara väldigt slät, för att med tiden veckas mer och mer à smart sätt att få in mer hjärnbark på liten yta.
- » Vi föds med en liten hjärna som med åren sedan växer till sig på grund av att moderns födelsekanal är av begränsad storlek.
- » Myeliniseringen blir klar väldigt sent i hjärnans utveckling, och i synnerhet i prefrontalcortex. Här hittas centrum för personlighet, långtidsplanering, omdöme och moral, vilket förklarar många individers "personlighetsförändring" runt åldrarna 16-20 år.
- » I hjärnan finns det begränsad möjlighet till nybildning av nervceller efter födseln. Det förekommer dock i hippocampus, vilket är viktigt för vår förmåga att lära oss nya saker.

MESODERM

Mesodermet har en central del av rörelseapparaten. Tidigt efter gastrulationen ser man uppdrivningar som löper längs fostrets längsaxel. På varsin sida av notokorden kommer en bagettliknande struktur bildas som kallas **paraxiala mesodermet**:

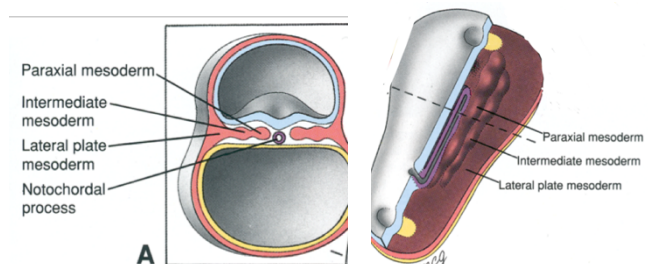
- » Viktigt för skelett, tvärstrimmiga muskler och delar av dermis

Utanför det bildas intermediära mesodermet

- » Merparten av urogenitalsystemet

Därutöver bildas det **lateral mesoderm** som fortsätter hela vägen tills fostret "tar slut"

- » Hjärtat, inre beklädnad av kroppshåligheter, dermis och extremiteters skelett



- » Sternum bildas lokalt genom lateralt mesoderm.

PARAXIALA MESODERMET

Det paraxiala mesodermet, som ligger närmast notokorden, kommer att börja strukturera sig på ett tydligt vis, liknande frallor på rad som sitter ihop som kallas somitomeres. I nackregionen kaudalt kommer somitomererena ytterligare utskulperas och kallas **somiter** där de längre inte sitter samman.

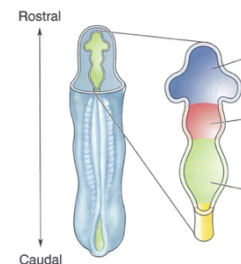
- » **Somiterna** utgör en segmentell uppbyggnad av fostret

HJÄRNBLÅSORNA

I neuralröret, som är större kraniellt, kommer de **tre primära hjärnblåsorna** att bildas:

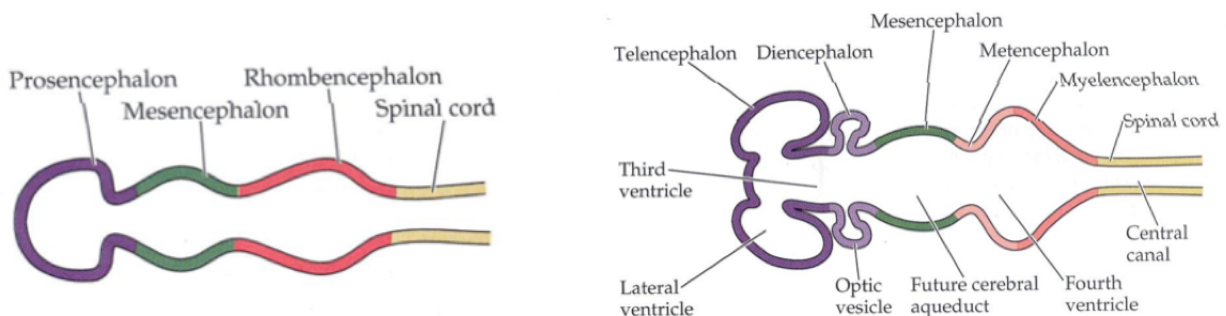
- » Prosencephalon
- » Mesencephalon
- » Rhombencephalon

Vid vecka fem kommer de fem sekundära hjärnblåsorna att bildas



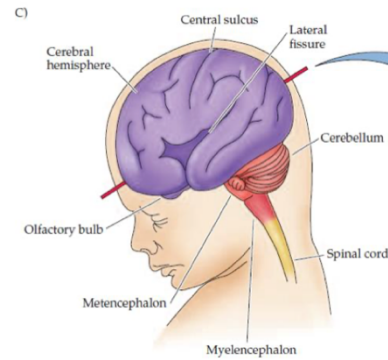
3 Hjärnblåsor	5 Hjärnblåsor	Blir till	Relaterat hålrum
Prosencephalon	Telencephalon	» Cerebral cortex » Basal ganglia » Hippocampus » Amygdala	Lateral ventrikeln
	Diencephalon	» Talamus » Hypothalamus » Retina	Tredje ventrikeln
Mesencephalon	Mesencephalon	Mesencephalon	Aqueductus mesencephali
Rhombencephalon	Metencephalon	Pons och cerebellum	Fjärde ventrikeln
	Myelencephalon	Medulla Oblongata	Fjärde ventrikeln
Kaudalt		Ryggmärken	Central kanalen

Hålrummet som finns längs hela nervsystemet kommer att i och med dessa blåsor att delas upp i olika delar som kallas för ventrikler.



Notera att detta inte är ett rakt rör utan att det kommer ske en hel del böjningar av strukturen som ses till höger längs tidens gång.

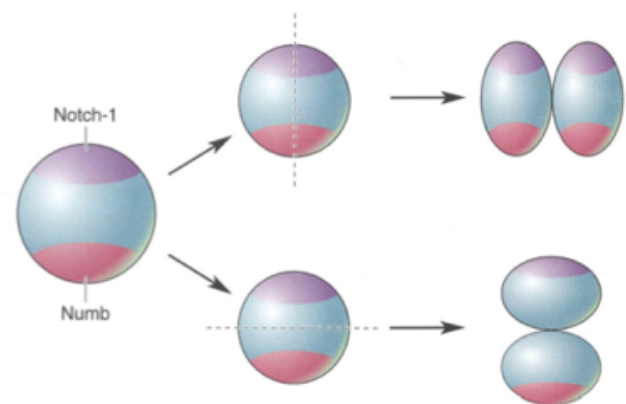
- » Telencephalon blir väldigt stor och kommer att lägga sig över resten av nervsystemet.
- » Metencephalon pressas ned över myelencephalon och lägger sig dorsalt och bildar cerebellum



MOLEKYLÄRA MEKANISMER

Differentiering av en progenitorcell till en specialiserad cell kan ske på två olika sätt:

1. **Asymmetrisk delning** ger upphov till att dottercellerna ärver olika molekyler och därmed differentieras olika. Denna delning påverkas av huruvida progenitorcellen genomgår en horisontell (två olika celler) eller vertikal (två nya stamceller) celledelning. Exempel på detta finner man i lager 1 och 6 i cortex.



2. **Cellulära interaktioner och omgivning** är den VANLIGASTE orsaken till differentiering och kan i sin tur, på två olika sätt styra vilken mogen celltyp en progenitorcell ska utvecklas till.
 - » Cellerna möts av olika signalmolekyler i sin omgivning och differentierar efter det. Neurallistceller är speciella på det sättet att de kan bli väldigt skilda celler beroende på dess omgivning, som exempelvis melanocyter, sensoriska neuron och kromaffina celler (binjuremargsceller).
 - » Om varje specifik celltyp dock skulle behöva en specifik signalmolekyl skulle inte dessa räcka till, och det är av den anledningen kroppen jobbar med morfogener (koncentrationer av olika signalmolekyler). **Exempelvis** styr koncentrationen av morfogenen sonic hedgehog utvecklingen av de ventrala delarna av ryggmärgen och beroende på koncentrationen de olika cellerna stöter på, så kommer de att antingen bli motorneuron eller interneuron.
 - » Tidigt i utvecklingen beror en cells differentiering mer på dess omgivning och senare mer på dess kompetens. Kompetensen kan översättas med dess "inbyggda" program, vilket gör vissa celler begränsade till vissa celltyper.

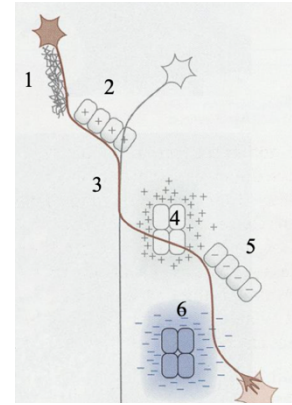
HUR HITTAR AXONEN RÄTT?

Det finns två grundprinciper

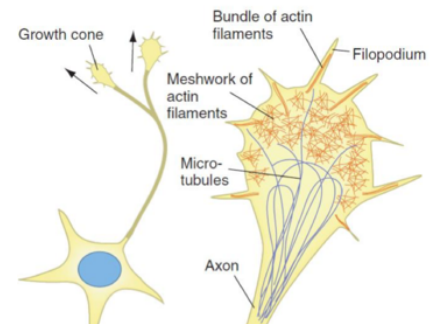
1. Axonen påverkas aktivt att hitta till rätt mål – dominerar tidigt
2. Slumpmässiga kontakter bildas och de rätta överlever – mer relevant i senare stadier

Teori 1 beskrivs genom **axonguidning**. Denna process kan delas in i sex steg:

1. **Maxtrix-adhesion**, adheterar till extracellulär matrix
2. **Cellyte-adhesion**, hittar en cellyta att klättra vidare på
3. **Fascikulering**, hittar därefter ett annat axon (**pionjäraxon**) som ska åt samma håll. Detta är anledningen till att vi får nerver, då axoner på detta vis tenderar att följa andra axoner.
4. **Kemoattraktion**, det utväxande axonet nås av en substans och avviker därmed från pionjäraxon.
5. **Kontaktinhibition**, stöter på en yta som den INTE dras till (motsats till 2).
6. **Kemorepulsion**, möts av något i den extracellulära vätskan den INTE dras till → repellerar.

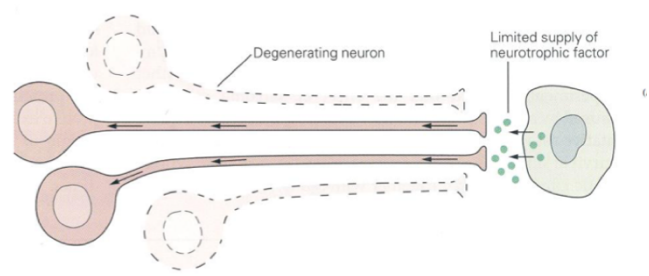


Teori 1 kan dessutom beskrivas genom att axonet tar sig framåt genom strukturer kallade tillväxtkoner, vilka består av utskott med aktin som "kraffsar" sig fram.



Teori 2 → Avdödning av onödiga förbindelser är den andra principen, vilket är ett sätt att fintrimma kretsar på. Närvaro av målorgan begränsar apoptosen i de innerverande nervcellerna!

Det innebär att en bunden nervcell till ett fungerande målorgan löper mindre risk att gå i apoptos än obundna, vilket i sin tur beror på att axonerna konkurrerar om neutrofa faktorer som utsöndras av målorganet. De nervceller som får bra kontakt kommer även få mycket överlevnadsfaktor, vilket gör att dem överlever medan andra går i apoptos. Den kändaste överlevnadsfaktorn kallas NGF (nerve growth factor).



Det ovanskrivna gör ibland att det endast är den starkaste kontakten som överlever, där ett tydligt exempel på detta är muskelfibrer som är innerverade av en nervcell vardera.

POSTNATAL FINJUSTERING AV KRETSAR

Sist så sker ett "urval" utifrån de som ger rimliga/orimliga signaler. Här kan två grejer hända:

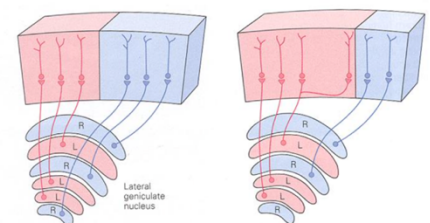
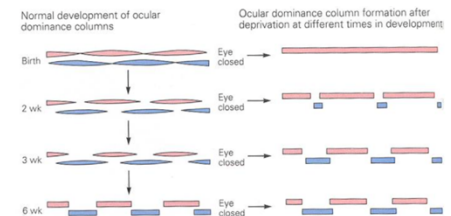
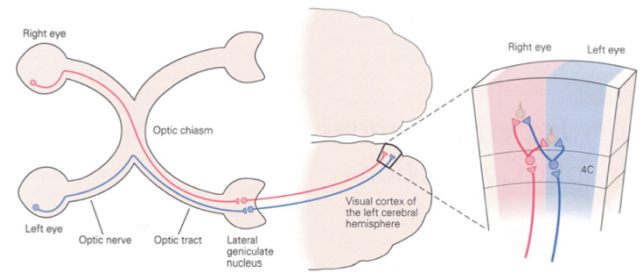
- » Synaps till axon är för svag/för få/för liten, vilket kommer göra att den inte avfyra → den kommer dö och ersättas av ett annat axon
- » Synapsen är stark och bra → den fyrar av och kommer där med överlever

Ovanstående kan illustreras med hjälp av ögat. På bilden kan vi se att ett visst synfält kommer att ses av båda ögonen men inte förens i cortex kommer dessa att interageras. Först och främst kommer det ske en

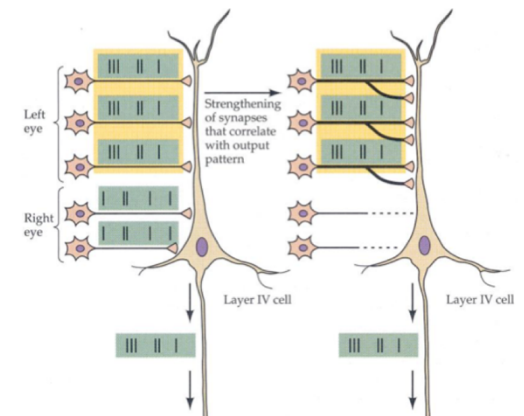
överkorsning chiasma opticum för att komma till rätt hjärnhalva. Därefter kommer signalen fortsätta till sitt sekundära neuron i talamus, laterala knäkroppen (LGN). Här är alla cellerna, reläceller, monokulära och mottar därmed endast stimuli från ena ögat.

Vidare skickas informationen till primära synscortex till lager 4c, som är indelat i kolumner, **ocular dominance columns**, där signalen terminerar monokulärt igen. I lagrena runt i kring lager fyra kommer signalerna som projiceras från lager fyra att interagera med varandra i **binockulära celler** (pyramidceller i lager 2 och 3 bland annat).

Ocular dominance columns – som finns i lager 4c kommer inte att uppnå sin kompletta segregation från varandra förens några veckor efter födseln (hos apor). Detta gör att man under en period strax efter födseln kan påverka kolumnernas dominans som visas på bilden till höger. Om man exempelvis stänger ena ögat kan det andra bli helt dominant redan i lager 4 vid dess tertiära neuron. Detta bevisar att cellerna fortsatt är plastiska även ett tag efter födseln.

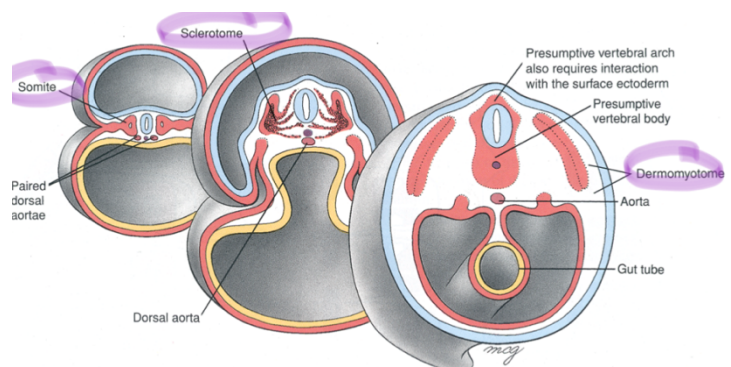


Binockulära celler – dessa finns i lagren omgivande lager 4. Dessa celler kommer att påverkas av signaler från båda ögonen vilket innebär en integrering av synfälten. Dessa celler, tillskillnad från cellerna i de okulära kolumnerna är påverkbara lite längre efter födseln. Dock kan dominansen från kolumnerna ge ett "försprång" i kontakten med de binockulära. Vad beror detta på? Närliggande axoner som kommer från samma öga, tenderar att fyra av synkront eftersom de aktiveras av samma visuella stimuli nästan samtidigt. Synkroniseringen av deras fyrning resulterar i ett samarbete att depolarisera och excitera de mottagande cellerna. Detta upprätthåller viabiliteten av dess synaptiska kontakter, till priset av att motsatt ögas synapser.



SOMITEN

Somiten växer till sig och får en central cellpopulation som är början till **skelertom** samt en perifer del som är början på **dermomyotom**. Dermomyotomet kommer att spricka upp och lämna en utfart för de centrala cellerna som vandrar mot mitten, neuralröret som kommer bilda ryggmärg så småningom, och lägger sig kring det.



- » Var somit får en spinalnerv var där motorisk info går ut, samt sensorisk in.

DERMOMYOTOM

Det som blir kvar av somiten efter utvandringen är dermomyotomet som ligger kvar periferi. Dermomyotomet kommer dela upp sig i två delar

- » **Myotom** – ger upphov till muskler
- » **Dermatom** – ger upphov till underhud.

Den del av extremiteterna som härstammar från somiten är alltså dess muskler.

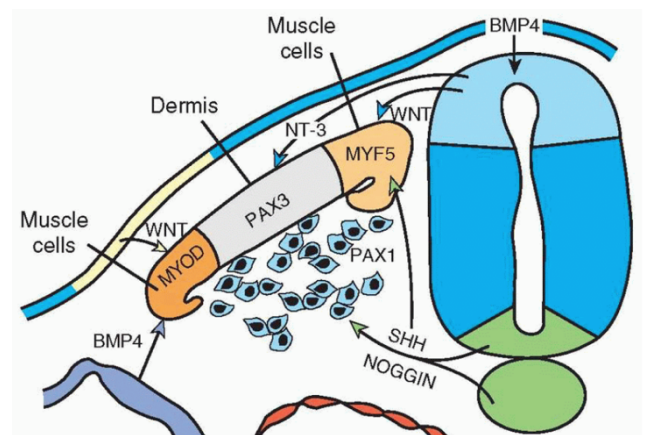
SKLEROTOM

Sklerotomen ger upphov till kotorna och revbenen efter en utvandring till neuralröret. Mer under *axial skelettbildning*. Somiten ger INTE upphov till skelettet i extremiteterna, mer under *Appendikulär skelettbildning*.

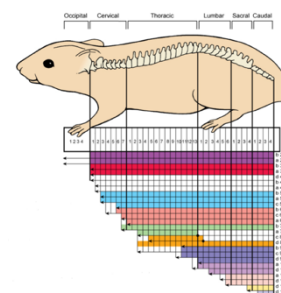
HOX-GENER

Lateral-medialt kommer olika signalmolekyler påverka somiten som bidrar till dess differentiering:

- » De **blåa** cellerna är **skelertom** som genom Sonic Hedge Hog samt NOGGIN som utsöndras från notochorden. Då slås ett genetiskt program igång så att PAX1 uttrycks som bidrar till att cellerna börjar bilda ben.
- » De **orangea** cellerna visar **myotomet** som aktiveras av WNT, BMP4 och Sonic HedgeHog (mer under *Muskler*)
- » De **gråa** cellerna visar **dermatomet** som aktiveras av NT-3.



Utöver signalmolekylerna kommer olika **HOX-gener** att uttryckas som specificerar den **kranio-kaudala specificiteten** av somitutvecklingen. Hox-generna finns i Homeobox-homeodomänet och uttrycks segmentellt. Generna ger upphov till **transkriptionsfaktorer** som är viktiga för mönstring kranio- kaudalaxeln vilket innebär att olika gener uttrycks beroende på vilket segment.

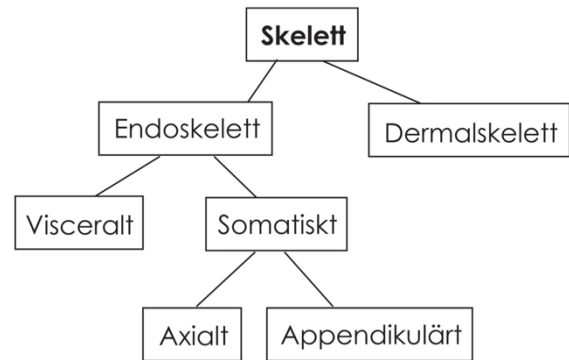


SKELETTET

Det finns en hel del indelningar av olika skelett typer som nedan radas upp.

Dermalskelett – Hud associerat skelett som bildas genom **indirekt benbildning** ex. delar av skalltaket, clavikeln samt underkäken.

Endoskelett – Är den typ av skelett vi människor har primärt i kroppen och bildas genom **direkt benbildning**.



- » **Visceralt** – Skelett som inte har med rörelseapparaten att göra, så som mellanörats ben
- » **Somatiskt** – Hela rörelseapparatens skelett
 - **Axialt** – Svanskotan och uppåt, dvs "stommen" av kroppen (paraxialt mesoderm)
 - **Appendikulärt** – det som finns i extremiteterna. Gränsen går vid skulderbladen och sacroiliaca leden (lateral mesoderm)

Direkt benbildning innebär att vi går direkt från mesenchymala celler som differentierar till osteoblaster. Detta sker ofta mellan membran och man får platta ben.

Indirekt benbildning även så kallas endochondrial benbildning går igenom nedan i detalj (kommer mer på senare föreläsningar)

⇒ **Ansiktets skelett** kommer ur neurallist.

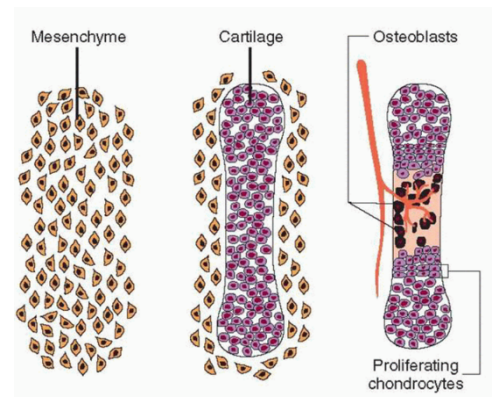
ENDOCHONDRIAL BENBILDNING

Först får vi en kondensering av mesenchymala celler. De mer centrala kommer att bilda kondrocyter. Dessa bildar en mall för skelettet.

- Perikondriet ombildas till periosteum.

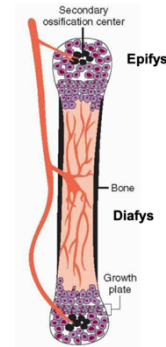
Tillväxtplattan:

Tillväxtplattan delas upp i fem zoner. Dessa Plattor kommer att bildas som sekundära benbildningscentrum i periferin av benet vid födseln men fungerar på samma vis som vid nybildning av skelett under fostertiden. Dessa tillväxtplattor är vad som möjliggör en fortsatt längdtillväxt.



1. **Resting zone** – Här vilar kondroblasterna i lakuner omgivna av hyalint brosk.
2. **Proliferation** – Kondrocyterna, som ligger i lakuner prolifererar och utsöndrar matrix. Cellerna här ses histologiskt som platta (myntceller) pga den höga delningshastigheten.
3. **Hypertrofi** – Kondrocyterna är stora med mycket cytoplasma. Cellerna dör av näringsbristen då näring enbart kan ta sig mellan cellerna genom diffusion.

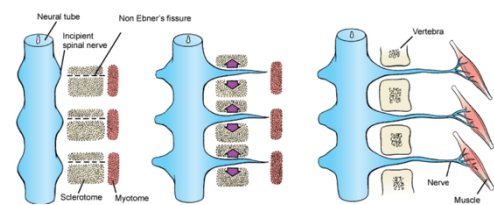
4. **Kalcificering** – Kondrocyternas matrix mineraliseras. Där cellerna en gång var lämnas utrymme efter dess död.
 - ⇒ I utrymmena som lämnas av kondrocyterna ges möjlighet för blodkärl att växa in.
 - ⇒ Progenitorceller till osteoblaster förs in med kärlen.
 - ⇒ Progenitorcellerna differentierar till osteoblaster väl i kontakt med det nu delvis fragmenterade broskmatrixen.
 - ⇒ Osteoblasterna börjar producera osteoid (riktig benvävnad)
 - ⇒ Osteoblaster muras in i osteoid och bildar osteocyter som ligger i lacuner. Osteocyterna har låg metabol aktivitet och har till funktion att känna av kalciumnivåer bland annat.
 - ⇒ Broskets kollagen II byts ut mot osteoidens kollagen I.
5. **Resorption** – Osteoklasterna bryter ned ben och påbörjar en remodullering som innebär att osteoblasterna bygger upp benet på nytt, men starkare.



Broskzonerna (ovan tillväxtplattan) består tills man slutar växa, då kommer de att sluta proliferera och ersätts av osteoblaster.

AXIAL SKELETTBILDNING - KOTSTRUKTUREN

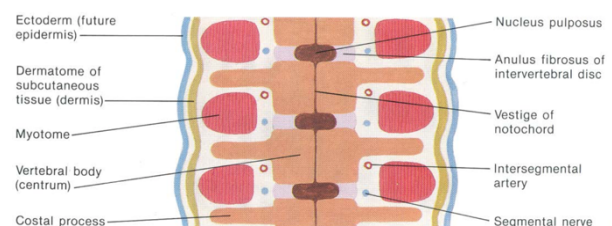
Ur **skelertomet** kommer **axialt skelett** att bildas. Längs längsaxeln på neuraltuben har vi de segmentella sklerotomen. Bilden visar organisationen lateralt-medialt. Det sker en omstrukturering av den segmentella strukturen där den underliggande delen av ett skelertom och den överliggande delen av den undre kommer att smälta samman och bildar en kota.



STRUKTURER UTÖVER KOTOR

Notochorden ger upphov till nucleus pulposus som är den gelatinösa delen som ligger i disken mellan kotorna.

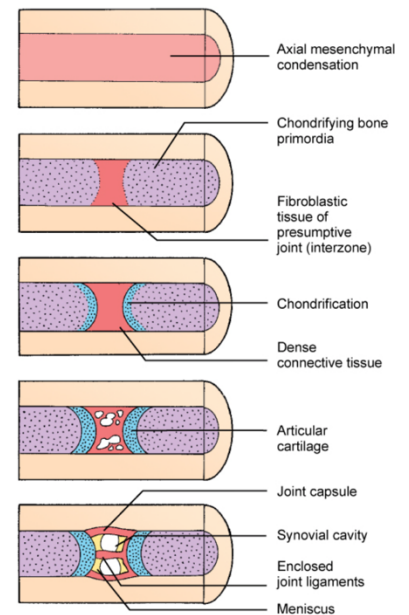
- » På thorakal nivå får vi även **revben** ur kotanlagen och är alltså klerotom deriverade
- » **Sternum** bildas däremot lokalt ur **lateralt mesoderm**, varvid revbenen växer in senare och möter bröstbenet.



APPENDIKULÄRT SKELETTBILDNING – INDIREKT BENBILDNING (MER SENARE I KOMP)

Appendikulärt skelett är vad som kommer att utgöra extremiteternas ben och härstammar **INTE** ur somiten utan ur **lateral mesoderm**. Det bildas på plats ur broskprototyper genom endokondral benbildning.

1. Första som händer är en stor kondensering av mesenchymala celler som motsvara HELA extremiteten
2. Inuti denna förtätning sker ännu fler förtätningar (subkondensering) som motsvara de ben vi slutar upp med
3. Det **lila** broskprototypstadiet kommer täckas av hyalint brosk (som kondrocyter bildat) som bildar ledbrosk.
4. Mellan de olika ben-segmenten bildas lucker bindväv som försvinner mer och mer.
5. Kondenseringen och benbildning fortsätter och det bildas ledspringa, ledkapsel samt eventuella ligament



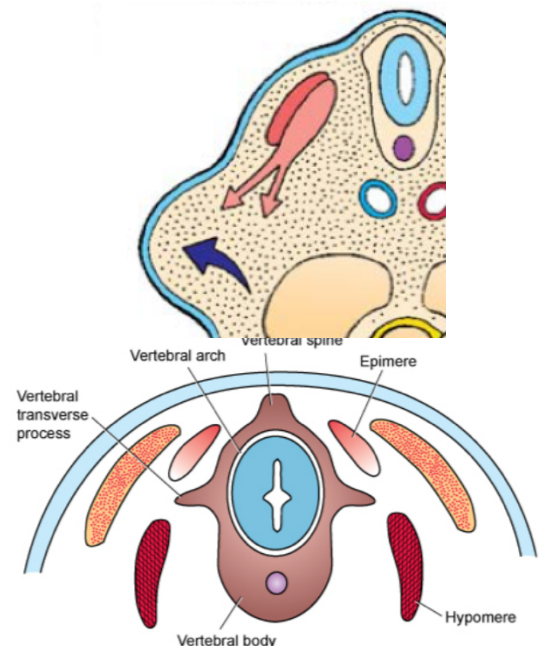
MUSKLER

Myotomen härstammar från somiterna, kommer att ge upphov till **muskler** runt om i kroppen. Muskelnas innervering kommer därmed utgå från samma spinalnerv som dess myotom är placerade i relation till sklerotomen.

Några myotomens:

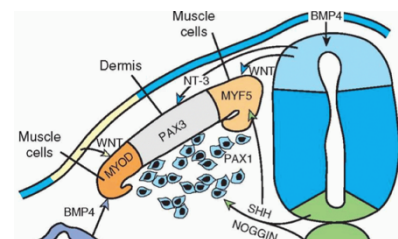
- | | |
|---------------------------|---|
| • C1-4: Nackmuskler | • L1-2: Höftens flexorer |
| • C3-5: Diafragma | • L2-3: Quadriceps fem. |
| • C5-6: Biceps | • L5-S1: Glutealmuskulatur |
| • C7-8: Triceps | • S1-S2: Ankelns plantarflexorer |
| • C8-T1: Fingermuskler | • S3-S5: Bäckebotten, blåsa, genitalia |
| • T2-12: Axial muskulatur | |

OBS! Tänk på att benen inte går distalt, de må vara långa extremiteter som fäster långt ned kaudalt, men vi har exempelvis bäckenbotten nedanför dess fästen. Detta reflekteras i att de sacrala myotomen ger upphov till benens muskulatur.



Myotomen kommer att dela upp sig i **epimerer** och **hypomerer** beroende på vilka signalsubstanser de når av.

- » **Mörkororange** = **Hypomer**, kommer att bilda extremiteternas muskler, samt bålens ventrala muskler. Stimuleras av WNT och BMP4.
- » **Ljusorange** = **Epimer**, kommer att bilda ryggens muskler. Stimuleras av WNT samt Sonic Hedgehog.

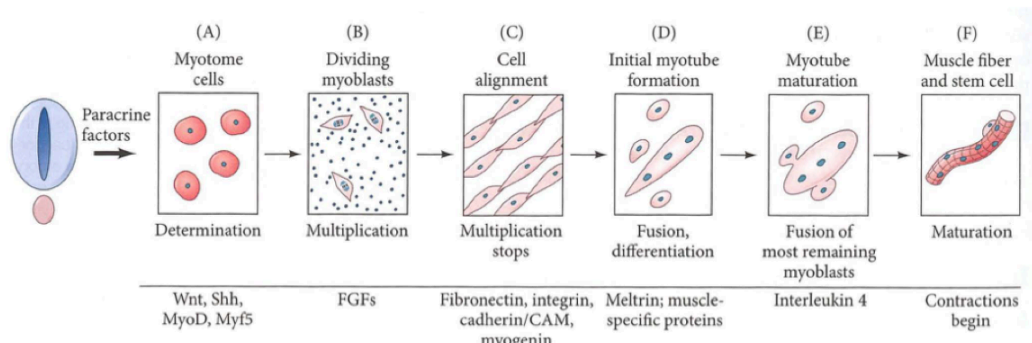


Hypomyotomen ligger segmentellt under vecka 6 men kommer under vecka 8 att ha vandrat ut i kroppen.

MYOBLASTER

Celler kommer efter stimuli av ovanstående parakrina faktorer att differentiera till myotoma celler för att fortsatt bilda myoblaster. Myoblasterna smälter samman till muskelfibrer vilket utseendet att fibrerna består av många kärnor. Senare kommer satellitceller (stam/progenitor celler) att smälta samman med fibrerna.

- » **Myostatin** kommer att hämma fibrerna antal och tillväxt, vilket är en autokrin funktion i muskelfibrerna.



Fiber/myosin typen avgörs av **motorneuronet** (mer info finns i *arbetsfysiologin*):

- » **TYP 1** – **små motorneuron**, drar ihop sig långsamt, nyttjar aerob metabolism, många mitokondrier, hög kapillär densitet.
- » **TYP 2** – **stora motorneuron**, snabb hastighet på kontraktion, ej uthållig, jobbar anaerobt. Inte så många mitokondrier men mycket glykogen.

EMBRYONALA FORMER AV MYOSIN

- » MYH3 och MYH8

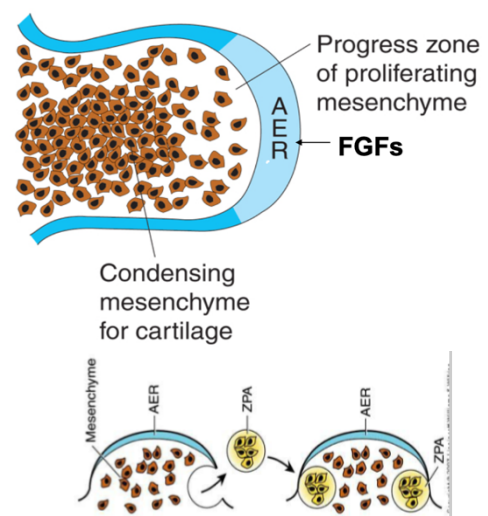
Dessa former av myosin finns embryonalt men försvinner innan födseln med undantag för i ögon-, tuggmuskler samt muskelspolar. Dessa typer är viktiga för rörligheten embryonalt för ledutvecklingen skall göras korrekt.

EXTREMITETER

Det bildas extremitetsknoppar under den fjärde veckan av utvecklingen. Till en början består lemmarna av en mesenchymala kärna från det **laterala mesodermet**, som bildar skelett samt bindväv, som täcks av ett lager ektoderm.

- » Den **ektodermala höljet AER**, är nödvändigt för **induktionen** av differentieringen
- » Den **mesodermala kärnan** styr **VAD** som skall byggas

Cellpopulationen ZPA fungerar liknande som primitiva noden och styr exempelvis upp mönstret för fingrarna.



⇒ Även här är **Hox-generna** viktiga för att olika segment av extremiteterna utvecklas korrekt.

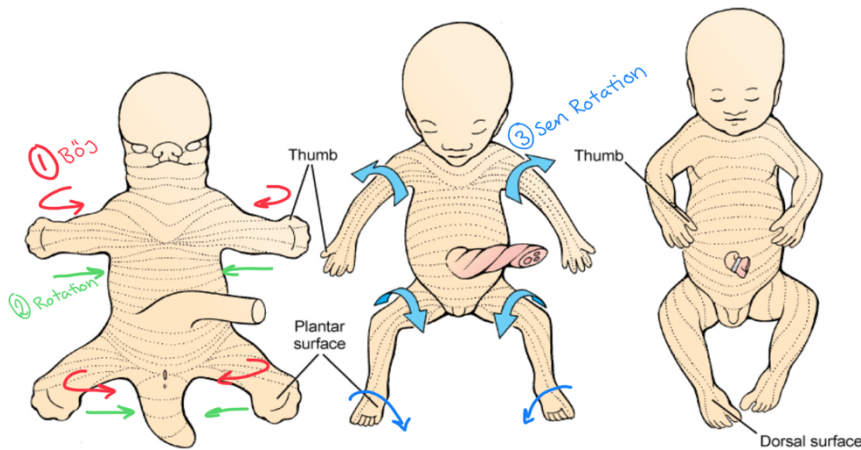


ROTATION

Till en början kommer lemmarna (ben och armar) att likna varandra och hänga rakt nedåt. Under vecka 6 sker den **en första böjning av lederna** och lemmarna böjer sig båda anteriort så att knäen och armbågar pekar **lateral** samt handflator och fotsulor pekar **medialt**.

Under den **tidiga rotationen** kommer lemmarna rotera 90° kring deras längsaxel men i motsatta riktningar. Detta medför att armbågarna pekar **kaudalt** och knäna **kranialt**.

Den **sena rotationen** påverkar framförallt benen då benen roteras **inåt** så att fotsulorna pekar **kaudalt** samt knäna **anterior**.



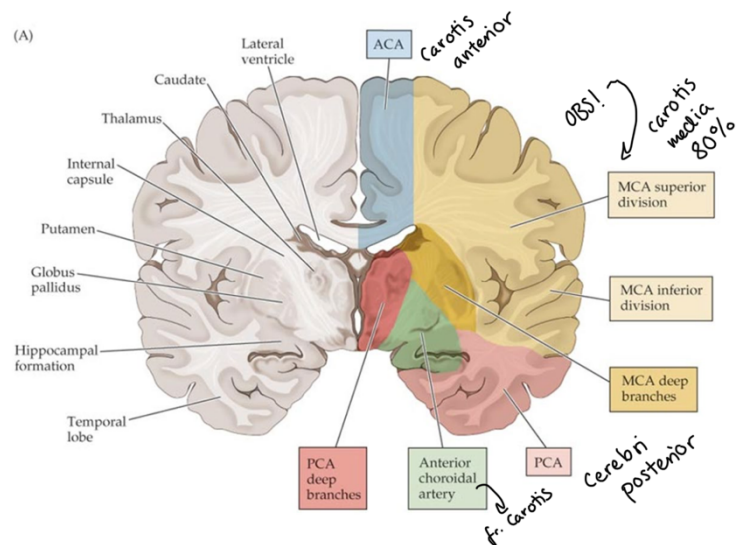
» Framförallt den sena rotationen kommer ha betydelse för **dermatomens** "twistade" utseende som visas på bilden.

HJÄRNAN

BLODFÖRSÖRJNING

Hjärnan är sett till en normalviktig person ett stort organ, men förbrukar ca 20% av kroppens hjärtminutvolym och kroppens syrgasbehov *i vila*. Hjärnan kommer att konsumera ca 100 gram glukos varje dag, vilket är ungefär den mängd glykogen som lagras i levern. Energin används för att upprätthålla jongradienter, syntes av cellmembran, proteiner och neurotransmittorer, alla avgörande för att cellerna skall kunna signalera.

Obs: ej carotis media som det står på bilden utan cerebri media!



ARTERIELLT

FRÄMRE BLODFÖRSÖRJNING

Den främre försörjningen härstammar från **a. carotis communis** som beroende på vilken sida härstammar från.

- » Sin → arcus aorta
- » Dx → truncus brachiocephalicus

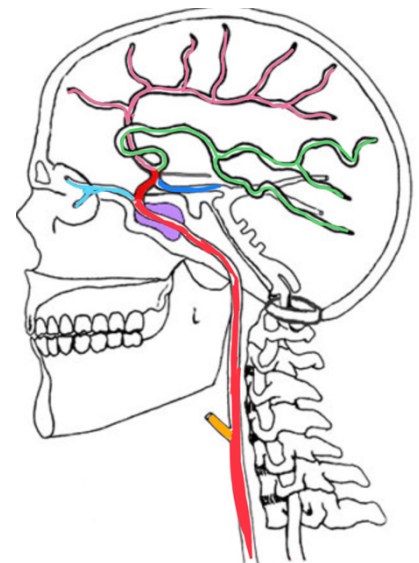
A. carotis interna är den del av artären som kommer gå in i skallbasen genom canalis caroticus i os temporale och kommer ut i **sinus cavernosus** där de ligger på varsin sida om hypofysen. Artären passera den hårda hjärnhinnan dura mater ovan proc. Clinoideus och avger tre grenar:

- » **A. Ophthalmica** – försörjer ögat
- » **A. Communicans posterior** – förbindelse med bakre cirkulationen
- » **A. choroidea ant** – plexus i sidoventrikeln

Därefter delar sig artären till **a. cerebri anterior** och **a. cerebri media**, där media ses som den naturliga fortsättningen.

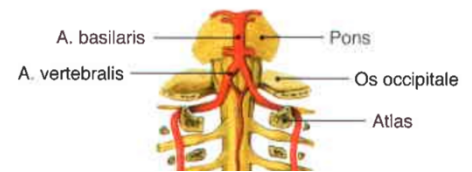
- » **A. cerebri anterior** – rider på corpus callosum, försörjer frontal- och parietalloben. Ger ifrån sig en gren → mediale triate artären som är viktig för blodförsörjningen i capsula interna (motorisk funktion). Går fram anteriort innan den vänder om upp och bak och löper längs med corpus callosum
- » **A. cerebri media** – Försörjer ungefär 80% av hemisfärerna och går i **fissura sylvii**. Ger ifrån sig lenticulostriate artärer som försörjer basala ganglia.

På bilden visas även **a. carotis externa** kommer försörja extrakraniella delar. Dock finns en liten förgrening som går samman med **Ophthalmica** artären.



BAKRE BLODFÖRSÖRJNING

Bakre blodförsörjningen kommer via **a. Verterbralis** som härstammar från a. subclavia. **Verterbralis** går genom foramen transversarium i de cervikala kotorna innan de förenas i **a. basilaris** vilket sker vid övergången mellan medulla oblongata och pons. Därefter rider **basilaris** på pons tills övergången till Mesencephalon där den delar upp sig i **aa. Cerebri posterior**.



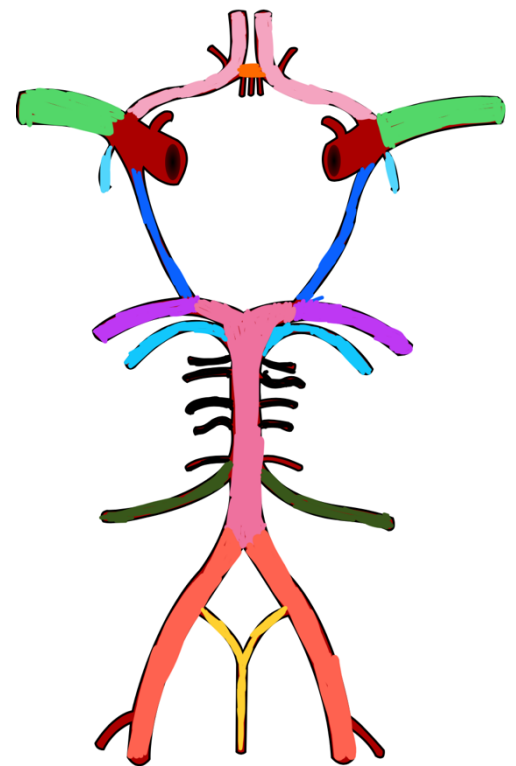
- » **aa. Cerebri posterior** – försörjer inferiöra delen av temporalloven och occipitalloben, avger viktiga grenar som försörjer thalamus och basala ganglier.

På vägen utgår några viktiga grenar från **a. Verterbralis**

- » **A. spinalis**
- » **A. cerebelli inferior posterior** – medulla och bakre lillhjärnan

På vägen utgår några viktiga grenar från **basilaris**

- » **A. cerebelli inferior anterior**
- » **A. cerebelli superior**



ANASTOMOSER – CIRKULUS WILLISII

Kroppen har ett inbyggt säkerhetssystem där den främre och bakre blodförsörjningen kommer att kommunicera genom **cirkulus willisii**.

- » Främre förbindelse genom **a. communicans anterior** och förbinder vänster och höger **a. cerebri anterior**.
- » **A. communicans posterior** går direkt från **carotis interna** på båda sidorna och förbinder **a. cerebri posterior** med **a. cerebri media** → förbinder främre cirkulationen med den bakre.

Totalt finns alltså TRE förbindelser.

WALLENBERG SYNDROM

Vid infarkt i a. cerebelli inferior posterior försvinner blodförsörjningen till en viss del av hjärnstammen. Detta gör att de flera kranialnervskärnor slutar att fungera → neurologiska bortfall. Denna typ av infarkt kallas för Wallenberg syndrom.

VENÖST DRÄNAGE

Viktigt att det venösa återflödet matchar det arteriella inflödet då hjärnan ej kan expandera. Venerna är inte uppbyggt som stereotypiska vener utan bara är egentligen bara hålrum mellan dura maters ena lager som gått ned i veck och fuserat.

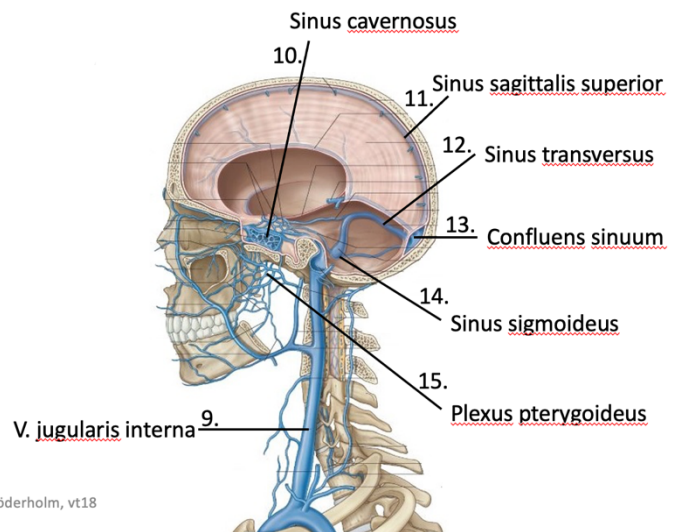
DJUPS VENSYSTEM

Djupa vensystemet dränerar de djupa cerebrala områdena så som thalamus och går samman med den nedre sagittala sinusen i falci cerebri → går in i sinus rectus → sinus Transversus → sinus sigmoideus → v. jugularis.

YTligt VENSYSTEM

Ligger på hjärnytan i **subaraknoidalrummet**, och dränerar underliggande cortex och vit substans. Dessa vener tömmer sig i större venös uppsamlingsvener.

- » Frontallob och övre delar tömmer i → sinus sagittalis superior
- » Mellersta delarna av hemisfären i → sinus cavernosus
- » Bakre och nedre delen av parietalloben → v. Labbé



REGLERING AV CEREBRALA BLODFLÖDET

Det cerebrala perfusionstrycket är oberoende av det extradurala ventrycket. CBF är relativt konstant trots att vårt blodtryck förändras beroende på aktivitet vi utför. Det finns fyra huvudmekanismer för att det skall fungera.

FLÖDE-METABOLISM

Det finns en direkt koppling mellan cerebralt blodflöde till den fokala regionala hjärnområdets metabolism, dvs platsens behov av syre och glukos just då. Nedan följer några exempel:

- » Ökat laktat vid hög energianvändning → förändrar extracellulärt pH → påverkar kärlen → vasodilatation
- » Kväveoxid → från endotel → potent vasodilaterare
- » Adenosin → nedgraderat ATP → potent vasodilaterare

TRYCK-AUTOREGLERING

Det finns olika tänkbara mekanismer bakom att CBF bibehålls reellt konstant. Men den viktigaste mekanismen för autoregleringen är den myogena kontrollen. Det transmurala och intraluminala trycket kan påverka den glatta muskulaturen som svarar genom att kontrahera eller dilatera beroende på den töjningen eller tryck det utsätts för.

VASKULÄR AKTIVITET

Kärlen kan reagera på förändringar av koldioxidhalten i artärblodet.

- » Andas vi långsamt, hypoventilerar, ökar vårt koldioxidtryck i blodet vilket gör att Arteriolererna i hjärnan kommer att dilatera så vi får ett ökat blodflöde cerebralt.

- » Tvärtom sker när vi **hyperventilerar** och förskjuter jämvikten så att koldioxidhalten minskar i blodet. Detta sker genom att koldioxiden snabbt passera blodhjärnbarriären och påverkar bikarbonat jämvikten → vätejonskoncentrationen minskar → pH runt artärerna påverkas, vilket i sin tur inducerar en förändring av kalcium jonnivåerna → påverkar glatt muskulatur

NEUROGEN REGLERING

Hjärnans kärl har en mycket rik innervation, olika typer av fibrer och olika typer av neurotransmittorer som har olika effekt på kärl och kan leda till vasodilatation och eller vasokonstriktion

ÖGAT OCH DESS RÖRELSE

I ögonhålan ligger ögat som till 80% består **corpus vitreum**, glaskroppen. Utifrån glaskroppen kommer ögat delas in i ett bakre och ett främre segment.

ORDLISTA

Myopi – Närsynthet, hornhinnans brytning för stark eller ögat för långt → fokus framför näthinnan

Dyplopi – Dubbelseende

Emmetropi – Skärpt syn, inga refraktiva fel

Refrektion – Ljusets brytning

Hyperopi – översynthet, hornhinnans brytning för svag eller ögat för kort → brytning bakom näthinnan

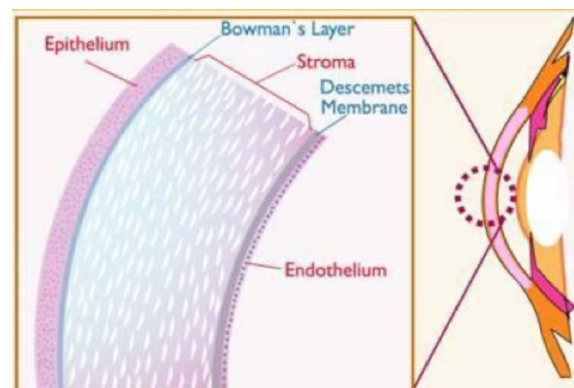
FRÄMRE SEGMENT

Det främre segmentet kommer att vara viktigt för ljusbrytning och fokusering, reglera intraockulärt tryck samt optimal dränering.

KORNEA – HORNHINNA

Hornhinnan är en genomskinlig struktur som är viktigt för att ge fullständigt ljusinsläpp in i ögat samt ljusbrytning (2/3) i och med dess böjning. Dessutom har hornhinnan en skyddande funktion, både fysisk och immunologisk. Hinnan utgörs av 5 lager:

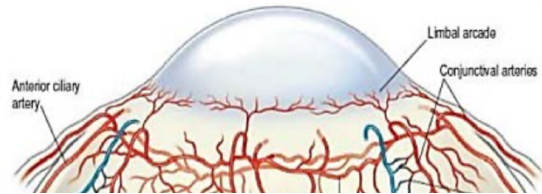
1. **Epitelet** – stratifierande celler med immunologisk funktion med snabb sårläkningsförmåga. Lagret förnyas via limbala epitelstamceller.
2. Bowmans lager
3. **Stroma** – utgör 90% av hinnan och består av välorganiserade kollagenbuntar och utgör en stark genomskinlig hinna.
4. Descemets membran



5. **Endotelet – ett enkelt lager som** Upprätthåller vätskebalansen genom vatten och jonutbyte med främre kammaren → bildar en optimal hydratisering av stromala kollagen.

KÄRL OCH INNERVERING

Hornhinnan är en avaskulär struktur då blodkärl skulle förstöra transparens och synen. För att överleva får hinnan sin näring från tunna kapillärer i limus (limbal arcade). Dessutom kan syre från luften lösa sig i tårfilmen vilket tas in genom epitelet. Joner, vitaminer och mineraler tas upp från kammарväska genom endotelet.



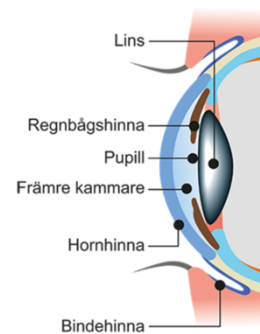
Blinkreflexen är kopplad till **hornhinnan** då den ständigt behöver fuktas. Detta styrs av n. Ophthalmicus (CN V1). Den innerveras av omyeliniserade axon.

KONJUNKTIVA/BINDEHINNAN

Denna struktur är en fortsättning på hornhinnans epitel som täcker sklera (ögonvitan) samt insidan av ögonlocket. Den har gobletceller som utsöndrar mucin och elektrolyter. Mucinet kommer minska friktionen och fånga mikrober!

LIMBALA STAMCELLER

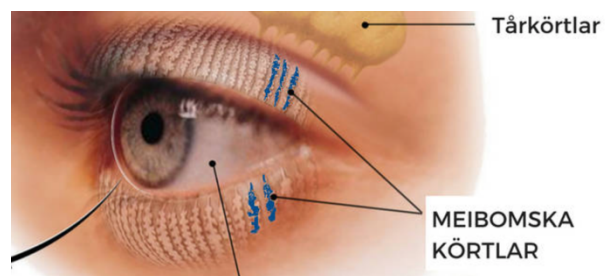
Limbal stamceller vandrar in i det basala epitelcelllagret från gränsområdet där hornhinnan möter bindehinnan även kallat konjunktiva. Här produceras basalcellerna som vandrar utåt i det stratifierade epitelet där de lever i några dagar. Ytliga epitelceller som dör kommer att släppas ut i tårfilmen. Förnyelsen genom stamcellerna liknar hudens epidermis.



TÅRFILMEN

Tårfilmen är ett lager som ligger längst ut på ögat, som "dras ut" varje gång vi blinkar. Spricker denna hinna innan vi blinkar igen, får vi besvär med ögonen. Hinnan består av tre lager

1. **Lipidlagret** – det yttre lagret som produceras av **meibomskörtlar** som finns på insidan av ögonlocket. Har till funktion att stabilisera tårfilmen för att motverka uttorkning genom att motverka avdunstning av vattnet.
2. **Vattenlagret** – vätskan produceras av **tårkörtlarna** (lacrimal gland) som rengör, jämnar ut ljusbildning samt har en immunfunktion (antimikrobiella peptider).
3. **Mucinlagret** (bindehinnan) – vars uppgift är att "kleta fast" tårfilmen mot ögat. Produktionen av mucin sker i gobletcellerna i bindehinnan. Den är viktig för att tårfilmen ska fästa på rätt sätt



FRÄMRE KAMMAREN

Främre kammaren ligger framför linsen men bakom hornhinnan endotel och består av kammarvätska. Vätskan produceras av **ciliärkropparna** och transporteras längs iris bakre del, genom pupill och till anteriora kammaren. Slutligen töms vätskan i Schlemm's kanal genom ett trabekulärt nätverk.

Detta skapar ett tryck som är viktig för hornhinnans böjning. Dessutom kommer kammarvätskan att ge näring till hornhinnan då vätskan innehåller vatten, syrgas, joner, vitaminer och glukos! Ögontrycket bidrar dessutom till kammarvinkeln som är vinkeln mellan hornhinnan och irisen.

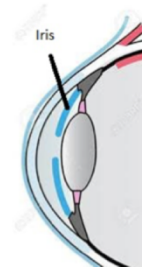
IRIS – REGNBÅGSHINNAN

Iris är den melaninförsedda hinnan som omger linsen och således skapar den färg vi har på våra ögon. Pigmenteringen av iris absorberar ljus och är därigenom viktig för ljusreglering och färgen vi ser på våra ögon bestäms av mängden melanin, vilket är genetiskt.

Öppningen genom iris in till linsen kallas för pupill. Pupillens storlek kan styras av två muskler, vilka båda styrs av det autonoma nervsystemet.

- » **M. sphincter pupillae** – Är ringformad, hittas i pupillkanten och kontraherar vid ljus. Styras av en parasympatisk nerv (CN III).
- » **M. dilator pupillae** – Kontraherar vid mörker och styrs av en sympatisk nerv.

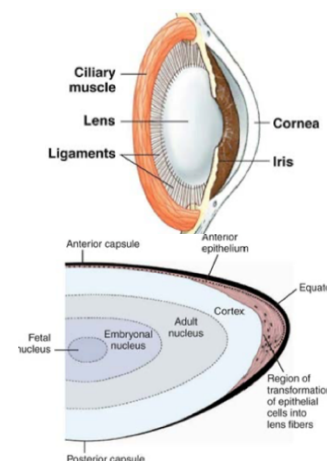
Pupillreflexen regleras av kranialnerv 2, **opticus** och nr 3 **oculomotorius**.



LINS (CRISTALLIN LINS)

Linsen är en genomskinlig, bikonvex och avaskulär kropp. Består ytterst av ett enkelt lager av epitelceller med uppgift att producera nya linsfibrer, vilka lägger sig utanpå de andra. Detta gör att linsen genom hela livet kommer att växa, då dess cortex konstant blir tjockare och tjockare, vilket med åldern kan medför förändrad brytning, grumlighet och minskad ackommodation (förmåga att fokusera på nära håll). Linsens innersta kärna består därför att linsfibrer från fetalfasen av livet.

Linsen är elastisk och kan därigenom ändra form för att få ljuset (1/3) att brytas på näthinnan. Förändringen av linsens utseende sköts av **ciliarmuskeln**.

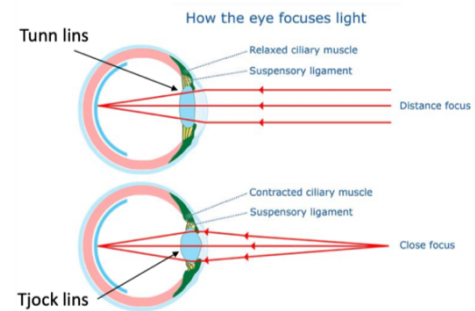


REFLEXER KOPPLAT TILL ÖGAT

ACKOMMODATIONSREFLEXEN

Akkommodation innebär linsens förmåga att ändra form för att kunna fokusera ljuset på näthinnan. Detta sköts av ciliarmuskeln, vilken sitter bunden till linsen på vardera sida.

- » Vid fokus på långt avstånd kommer ciliarmuskeln att relaxera → utdragen och tunn lins
- » Vid fokus på kort avstånd (läsa i en bok) kommer ciliarmuskeln att kontrahera → hoptryck och tjock lins



PUPILLREFLEXEN

Det sker en aktivering av ganglieceller i retina via N. opticus som går via chiasma opticus, vidare till tractus opticus för att sedan projiceras och aktivera neuron i pretectum. De preganglionära parasympatiska neuronerna i Edinger-Westphals kärnan löper tillsammans med CNIII till ciliare där de aktiverar postganglionära parasympatiska neuron. Dessa projiceras till ögats m. sphincter pupillae och gör att våran pupill kontraheras så vi släpper in mindre ljus.

Kliniskt är denna reflex livsviktig att kunna vid övervakandet av en medvetslös patient. När man lyser i ena ögat, så SKA man få en konstriktion av båda pupiller. Vid en blödning i hjärnan ökar trycket, vilket får hjärnstammen (i vilken kärnorna till synen ligger) att trycks en hjärnhinna som sabbar pupillreflexen. Skulle trycket öka, så att pupillreflexen försvinner är det viktigt att patienten får komma till den neurologiska avdelningen där de kan lätta på trycket.

LYFTA ÖGONLOCKET

Görs med M. levator palpebrae superioris som styrs av CN III

BLINKREFLEXEN

Ögat stängs med hjälp av M. orbicularis oculi som innerveras av CNVII

BAKRE SEGMENTET

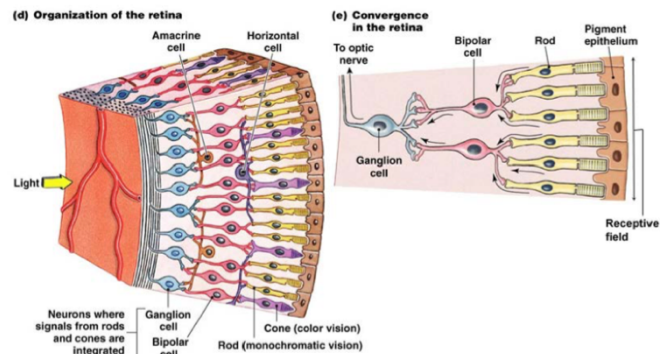
Här detekteras ljus genom att fotoreceptorer på retina stimuleras. Lagret bakom retina, choroiden, har mycket kärl och ger näring och blod till ögat. Hela strukturen täcks av sclera (ögonvita).

En del av retina har mer färgseende fotoreceptorer och är dessutom tunnare (ser ut som en grop). Denna del kallas för **fovea centralis/macula**.

NÄTHINNAN

Näthinnan är platsen där ljus konverteras till nervsignaler. När ljuset passerar genom retina och absorberas av fotoreceptorerna (stavar och tappar) sker en kemisk reaktion som modifierar membranpotentialen som i sin tur startar en nervsignalering. Signalerna från flera celler bearbetas i bipolära celler innan de fortleds till den optiska nerven, via ganglion celler.

- » Tappar (cones) sköter den färgade synen och syn i ljus.
- » Stavar (rods) sköter synen i mörker.



Tapparna hittas allra främst i **macula lutea/den gula fläcken**, som i **fovea centralis** koncentreras ytterligare. De yttre lagerna av näthinnan kommer här även vara bortvikta, vilket resulterar i att vi kan skapa en väldigt skarp bild här.

- » **Blinda fläcken** (punctum caecum) är det område i näthinnan där näthinnan slutar att existera, för att ge plats på n. opticus. Detta kompenseras genom att vi har två ögon, vilka fyller i varandras blindas fläck.

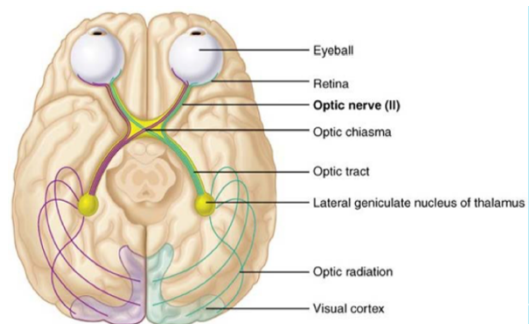
OBS! Brytningen av hornhinnan och linsen gör att bilden blir felvänd på näthinnan, vilket gör att nervsignalerna behöver tolkas och korrigeras rätt i hjärnan.

BLODFÖRSÖRJNING OCH INNERVERING

A. Ophthalmica kommer att skicka ut två grenar till ögat

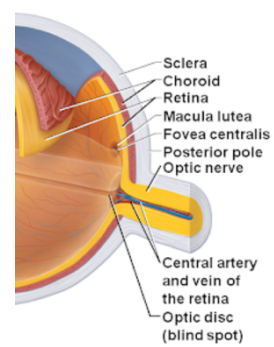
- » **A. centralis retinae** – försörjer inre retina
- » **A. ciliares posteriores** – försörjer yttre retina

Näthinnan innerveras **n. opticus** (CN II), vilken ENBART är sensorisk. Genom denna nerv färdas informationen från gangliacellerna till hjärnan och själva nerven kommer löpa genom canalis opticus till chiasma opticum (korsningen).



ÖVRIGA STRUKTURER SOM TILLHÖR BAKRE SEGMENTET

- » **Choroid** – ger näring och blod till ögats baksida
- » **Optic disc** – blindas fläcken, där N. opticus löper
- » **Makula/gula fläcken** – detaljseendet - centralsyn
- » **Fovea Centralis** – där störst antal fotoreceptorer finns i gula fläcken
- » **Sclera** – ögonvitan

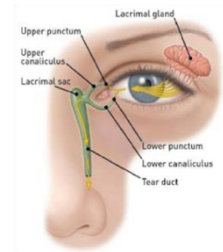


OKULÄR ADNEXA

Okulära adnexa är strukturer som fäster till ögat som är viktiga för dess system.

LACRIMALSYSTEMET

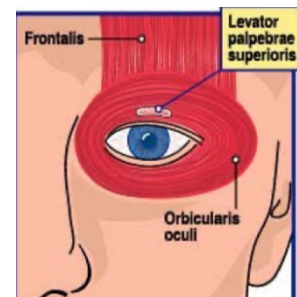
Lacrimalsystemen består med tårproduktion samt dränering av ögat. Lacrimal körteln sitter lateralt, superiort om ögat och producerar det vattenlager som finns i tårfilmen. Denna vätska kommer att dräneras i punktum (övre och nedre) som leder ut till kanalikulus som i sin tur leder till lakrimalsäcken. Tillsist hamnar det i Nasolakrimaldukten i näsan.



ÖGONLOCKET

Ögonlocket är det yttre hudlager som hjälper ögat att återfuktas och skyddas. I ögonlocken hittas även de meibomkörtlar som producerar tårfilmens yttersta lager, samt bindehinnan med gobletceller. Till ögonlocket hör två muskler:

- » M. orbicularis oculi – Stänger ögonlocken och innerveras av n. facialis (CN VII).
- » M. levator palpebrae superioris – Lyfter det övre ögonlocket och innerveras av n. okulomotorius (CN II)

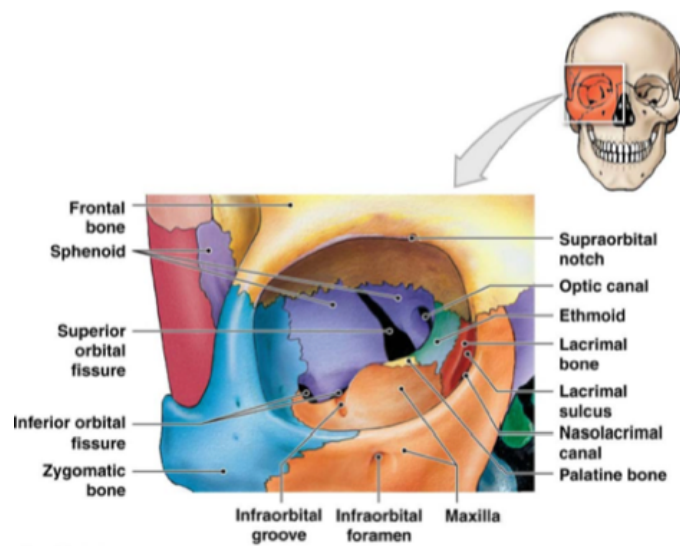


ORBITA

Orbitan, eller ögonhålan, bildas av 7 ben:

- » os ethmoidale,
- » os palatinum.
- » os lacrimale,
- » os frontale
- » os zygomaticum
- » os sphenoidale
- » maxilla,

I orbitans väggar finns flera viktiga öppningar för nerver, blodkärl och tårvätska. De viktigaste heter **fissura orbitalis superior** (CN III, CN IV, CN V1 och CN VI) /**inferior** samt **canalis opticus** (N. opticus, CN II, och a. Ophthalmica).



MINNESRAMSA: "En Polsk Lax? Färsk Zebra Smakar Mer!"

ÖGONMUSKLER

Det finns 7 extraokulära muskler

4 raka muskler

- » Rectus superioris – rörelser uppåt (n. Oculomotorius)

- » Rectusinferioris – rörelser nedåt (n. Oculomotorius)
- » Rectuslateralis – rörelser utåt (n. abducens)
- » Rectusmedialis – rörelser inåt (n. Oculomotorius)

2 sneda muskler

- » Obliquessuperior – rörelser nedåt och inåt (n. trochlearis)
- » Obliquesinferior – rörelser uppåt och inåt (n. Oculomotorius)

1 muskel ovanför ögat

- » Levator palpebrae superioris – för att lufta upp övre ögonlocket (n. Oculomotorius)

Intraokulära muskler

- » Sphincter pupillae – iris kontraktion
- » Dilator pupillae – iris Dilation
- » Ciliarmuskeln – ändrar linsens form

OBS! Båda ögonen jobbar samverkande och har därför exakta konjugerande rörelser, vilket innebär att de **ALLTID** pekar i samma riktning.

ÖGATS PLASTICITET

Fram till 10 års ålder har ögat viss plasticitet. Det är viktigt att ljus når näthinnan som spädbarn och under barndomen för normal utveckling av ögat, näthinnan och hjärnan. Om den binokulära synen störs under en kritisk period kan ett öga bli dominant vilket påverkar ögats rörelser, neuromuskulära kontroll och tolkning av nervsignaler (läs mer under *finjustering av axoner*)

Strabismus – skelning då båda ögonen inte fokuserar tillsammans åt samma håll

Amblyopi – hjärnan tar inte emot/tolkar signaler från ett öga och föredrar därmed det andra ögats signaler → kan orsakas av skelning.

SINNEN – SYN

NÄTHINNAN – RETINA

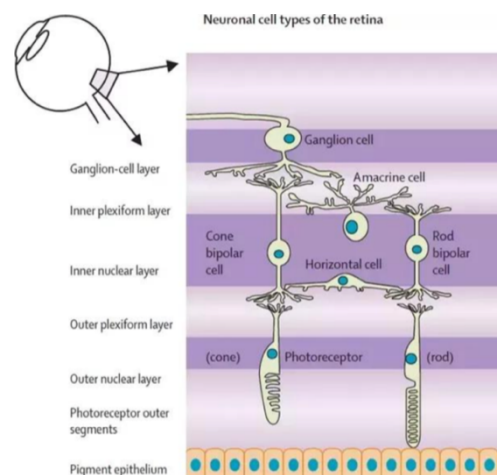
Retina är uppdelat i flera lager (proximalt till distalt → med ljuset):

Lager 1 - Nervfiber från ganglionceller – Gangliecellerna har gått samman och bildar CN II (n opticus)

Lager 2 - Retinala ganglionceller - Gangliecellerna tar emot information från biopolära celler. Fotonerna måste passera detta lager för att nå fotoreceptorerna.

Lager 3 - Müllerceller – består av tre typer av celler: amakrina, bipolära och horisontalceller. Även detta lager måste fotonerna passera för att nå fotoreceptorerna.

- » **Bipolära celler** – skickar signaler från fotoreceptorerna och finns i två olika typer:



- On-bipolära celler har metabotropa glutamatreceptorer som vid minskning av glutamatfrisättning kommer att depolariseras efter upphörd frisättning av K^+ → signal skickas när ljuset är ON
 - Off-bipolära celler har jonotropa AMPA-receptorer som vid inbindning av glutamat ökar inflödet av Na^+ samt utflödet av K^+ vilket leder till en depolarisation → sker när ljuset är OFF
- » **Horisontella celler** – bildar synaps med både fotoreceptorer och bipolära celler. Hjälper till med lateral inhibition. Hämmande effekt på fotoreceptorer och styrs av glutamat
- » **Amakrinceller** – Kan ses som biltjuvar som omkopplar stavarna signaler till tapparnas ganglieceller, då stavarna saknar egna ganglieceller. Kommunikerar med flera neurotransmittorer och verkar oftast hämmande.

Lager 4 - Fotoreceptorer - I detta lager har fotonerna äntligen nått fram till fotoreceptorerna, vilket är våra stavar och tappar.

Lager 5 Pigmentepitel - lager av epitelceller med melanin som absorberar ljus. Därmed reduceras mängden ljus som reflekteras tillbaka in i ögongloben.

HÄNDELSEFÖRLOPP – TAPP

Tapparna finns i hela näthinnan med framförallt allt i macula lutea/gula fläcken. I gula fläcken finns en grop som kallas **fovea** som enbart har tappar. Här har de övre lagrena vikts undan så att fotoreceptorerna exponeras maximalt. Här kan fotonerna komma fram ostört vilket ger oss möjligheten att se detaljer. Tapparna har få bipolära celler kopplade till sig.

En tapp har en stor mängd invikningar i dess membran (ser ut som en kam), i vilket ett stort antal receptormolekyler sitter. Dessa invikningar ökar chansen för en inkommande foton att krocka/interagera med någon av alla receptorer, vilket således skulle resultera i förändrad aktivitet hos tappen.

En tapp fungerar bra i ljus och sämre i mörkare ljus. De är bra på att detektera kontraster och färger, vilket beror på de tre olika typerna av **photopsin** som gör att man kan urskilja färgerna blått, rött och grönt (olika våglängder).

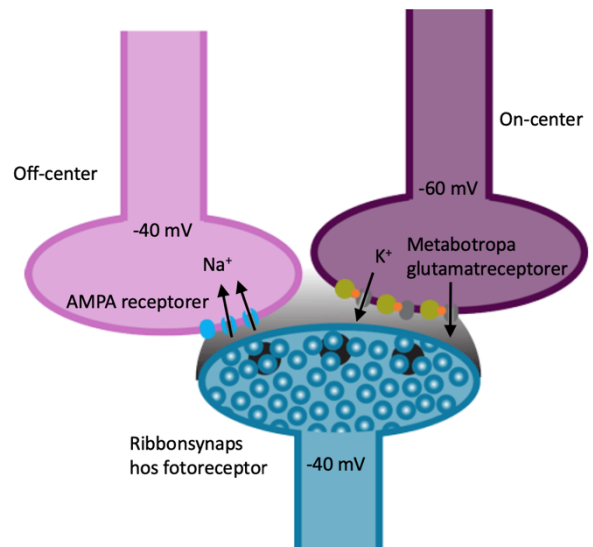


VID MÖRKER

I mörker är tappen depolariserad, vilket beror på att dess Na^+ -kanaler konstant är öppna. Inflöde av Na^+ leder till depolarisation, eftersom dess Nernstpotential är $+60\text{mV}$! Kanalerna är reglerade av cGMP och är därför öppna på grund av den, vid mörker, höga koncentrationen cGMP.

Synapsen mellan fotoreceptorerna och de bipolära cellerna är speciella typer av synapser som kallas för **Ribbonsynapser**. Dessa typer av synapser behöver INTE någon aktionspotential utan nyttjar små förändringar i membranpotentialen enbart. Ribbonsynapserna är specialiserade på att toniskt skicka ut transmittorsubstanter som speglar membranpotentialen som för tillfället råder i fotoreceptorcellen.

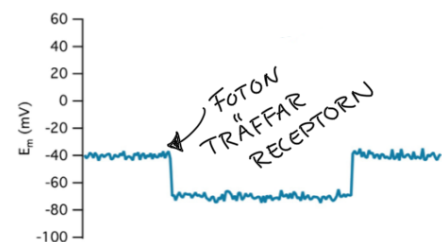
En depolariserad tapp (-40mV) frisätter en **STOR** mängd glutamat från det presynaptiska membranet ut i Ribbonsynapsen, och eftersom ljuset är OFF så kommer OFF-cellen att depolariseras!



- » OFF-cellen har jonotropa AMPA-receptorer som vid inbindning av glutamat släpper in en stor mängd natrium → leder till en **depolarisering** av cellen. Denna cell kommer i och med detta kunna sända signalen vidare till efterkommande ganglieceller att det i denna tapp råder mörker.
- » ON-cellen har metabotropa glutamatreceptorer som vid inbindning av glutamat kommer öppna kalium kanaler så att kalium strömmar ut för att närma sig dess Nernst jämvikt mot -60mV → hyperpolarisering → ingen signal skickas vidare.

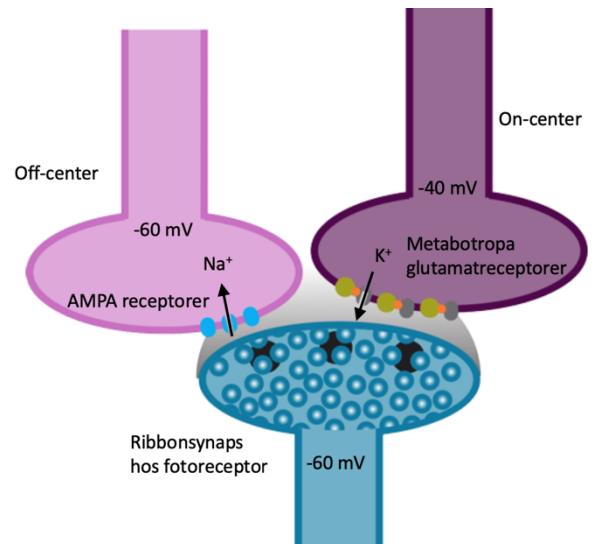
VID LJUS

Vid stimuli av elektromagnetisk strålning kommer dessa ljuskänsliga proteiner (**fotodopsin** som kan reagera på olika färger) att aktivera ett G protein som heter **transducin** → verkar på ett enzym bryter ned cGMP. Detta gör att en aktiverad tapp får en längre koncentration av cGMP så att natriumkanalerna stängs → tappen **hyperpolariserar**.



En hyperpolariserad tapp (-60mV) frisätter en LITEN mängd glutamat från det presynaptiska membranet ut i Ribbonsynapsen, och eftersom ljuset är ON så kommer ON-celler att depolariseras!

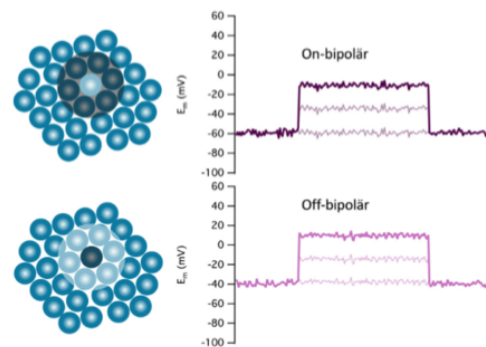
- » OFF-cellernas med dess jonotropa AMPA-receptorer, kommer vid inbindning av en liten mängd glutamat inte kunna öppna så många Na^+ -kanaler $\rightarrow$ litet inflöde av Na^+ , vilket skapar en hyperpolarisation (-60mV)! Eftersom denna cell är hyperpolariserad så kommer denna INTE kunna sända någon signal vidare huruvida förhållandet i tappen ser ut
- » On-cellernas med dess metabotropa glutamatreceptorer, kommer vid inbindning av en liten mängd glutamat att stänga de flesta K^+ -kanaler $\rightarrow \text{K}^+$ bibehålls i cellen och skapar en depolarisation (-40mV)! Denna cell kommer i och med detta kunna sända signalen vidare till efterkommande ganglieceller att det i denna tapp detekterats ljus.



LATERAL INHIBITION

Vid belysning av flera intilliggande fotoreceptorer samtidigt kommer resultatet, konstigt nog, bli mindre. Detta beror på att näthinnan inte detekterar mängden ljus utan skillnader och kontraster MELLAN ljus. Detta innebär att depolariseringen i en bipolar cell blir som störst ifall den omges av dess motsats, så att kontrasten blir så stor som möjligt.

Dessa kontraster kan, med hjälp av horisontalceller, skapas och kallas för **lateral inhibering**:



- » Vid depolarisation av en fotoreceptor (vid mörker) kommer även horisontalcellerna depolariseras och därmed utsöndra GABA, vilket får intilliggande fotoreceptorer att hyperpolarisera (vid ljus). Det skapas ett mörkt centrum omgivet av ljus i periferin.
- » Vid hyperpolarisation av en fotoreceptor (vid ljus) kommer även horisontalcellerna att hyperpolarisera och därigenom sluta att utsöndra GABA, vilket får intilliggande fotoreceptorer att depolarisera (vid mörker). Det skapas en ljus centrum omgivet av mörker i periferin.

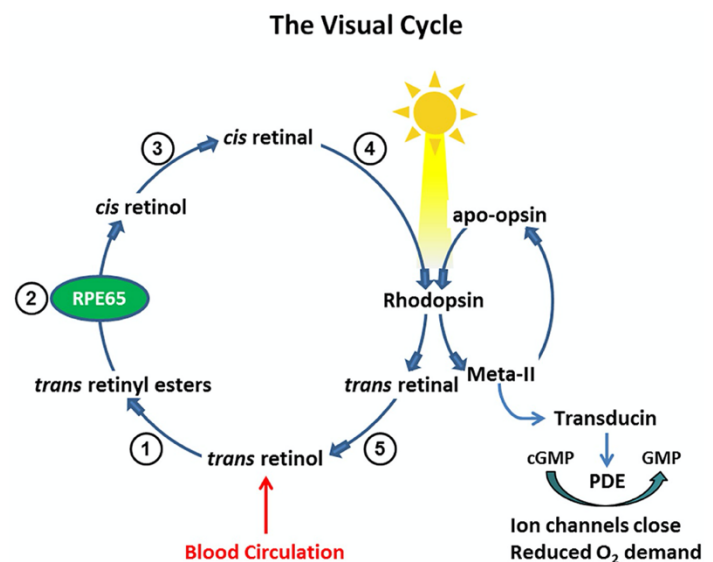
MÖRKERADAPTERAD SEENDE – STAVAR

En stav har ett långt segment fullt med diskar fyllda med receptormolekyler (kallade fotpigment, **rhodopsin**). Inkommande fotoner har därigenom en stor chans att interagera med dessa receptormolekyler. Vid ljus kommer dock dessa receptorer att bli inaktiva.

Till de G-proteinkopplade receptorerna sitter ett Cis-retinal bundet (retinal är en metabolit av vitamin A). När en foton kommer och krockar med receptorn övergår Cis-retinal till Trans-retinal, vilket gör att receptorn först aktiveras kort innan den inaktiveras. Under denna korta tid hann några få G-proteiner aktiveras som sände iväg en signal om ljus. När receptormolekylerna inaktiveras ses dem som "förbrukade", då de är i behov av Cis-retinal för att vara aktiva. För att återställa stavarna så måste retinal omvandlas tillbaka till Cis-form. För att göra detta måste det transporteras mer basalt till fotpigmentcellerna, omvandlas och sedan transporteras tillbaka. Viktigt att veta är att detta är en tidskrävande process som gör att stavarna har svårt att mörker anpassas efter en stund av ljusstimuli.



- » För att stavarna ska ha maximalt med aktiva receptormolekyler (fotpigment) kräver det att de befunnits i absolut mörker under flera minuter!
- » I dagsljus är stavarna saturerade, vilket innebär att de alltid är inaktiverade på grund av det konstanta stora inflödet av fotoner.
- » Stavarna verkar i halvmörk belysning, där det råder jämvikt mellan antalet inkommande fotoner och regenereringen av Cis-retinal. Ju mörkare det blir, desto känsligare blir stavarna för fotoner.



Fotokemisk adaptation - Tillgängliga receptorer för fotoner är högre när de konsumeras mindre.

Molekylär adaptation – Under halvmörka förhållanden kommer koncentrationen Ca^{2+} vara hög i stavarna, eftersom cGMP är högt och därigenom håller jonkanaler öppna (läs mer under "Vid mörker – tappar") → depolariserade. Natriumkanalen är också permeabel för kalcium. Kalciumet kommer att binda till kalciumbindande molekyler som i sin tur styr hur pass länge den aktiverade fotoreceptorn kommer att producera aktiva G-proteiner (cis-retinalbundet). Den kan stänga av produktionen väldigt snabbt.

Ca^{2+} gör att stimulerade receptormolekyler hålls aktiverade under en längre tid vid fotonstimulering → fler aktiverade G-proteiner → en foton ger en starkare signal.

Neuronal adaptation – Stavarna blir saturerade vid dagsljus, men den neuronala adaptationen ser till att de inte ens är inkopplade till hjärnan. Stavarnas bipolär cell, som ALLTID är en ON-cell, är inte inkopplade till dess gangliaceller via de amakrina cellerna.

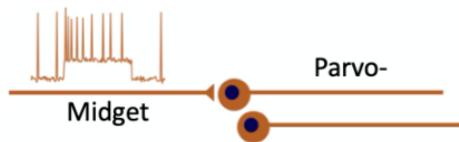
FRÅN TAPP TILL CORTEX

Gangliecellerna förmedlar information via axon som kallas för **n. opticus**. Axonerna löper antingen via chiasma opticus eller direkt till **tractus opticus** (fortsättningen av n. opticus) för att nå reläceller i **nucleus geniculatus laterale** (lateral knäkroppen) i thalamus.

GANGLIECELLER

Gangliecellernas receptoriska fält grundar sig på information från många fotosensorer som kopplas till gangliecellerna via bipolära celler, och vars information moduleras genom horisontalceller och amakrina celler. Från retina finns det två olika ganglieceller, med olika stora receptiva (påverkbara) fält:

- » **Midgetceller** är små till storleken och har små receptiva fält, vilket innebär att deras fovea centralis, i förhållande med parasolcellerna, är liten. Midgetcellerna signalerar vidare till **parvocellerna** (som ligger i laterala knäkroppen), som slutligen för signalerna till de delar av hjärnan som uppfattar detaljer och färg. Endast 5% av midget- och parvocellerna kan förmedla färgsignaler.



Ventral stream

- » **Parasolceller** är stora och är optimerade för att detektera rörelse. Parasolcellerna förmedlar sedan vidare till **magnoceller**, som slutligen för signalen till hjärnan. Denna del av hjärnan ser till att vi uppfattar vart olika saker finns i rummet och hur de förhåller sig till varandra.



Dorsal stream

OPTIC CHIASMA

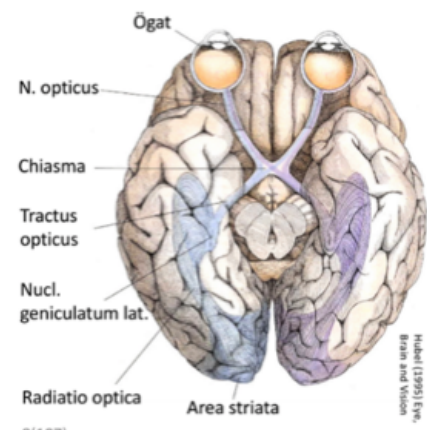
Innan signalen når thalamus kommer det ske en överkorsning i det optiska chiasmat. Centralsynen från var öga kommer att fortsätta till respektive sida. Men i och med att höger synfält processeras av vänster cortex kommer den delen av synfältet, som registreras av höger öga, behöva korsas över för att hamna rätt.



LATERALA KNÄKROPPEN (LGN)

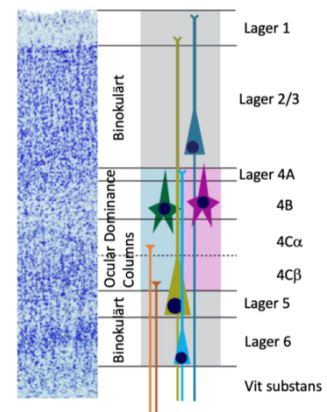
I den laterala knäkroppen kommer monokulära celler att stimuleras från Reläcellerna (P och M celler) som projicerar vidare axoner till primära synbarken, **area striata** (V1). Detta är det första kortikala lagret som processar information i synsystemet (del av thalamus).

Reläcellerna har ett 1:1-förhållande med gangliecellerna vilket innebär att ett stort ljusstimuli, ger en stor depolarisering av ganglieceller som i sin tur ger en stor respons i reläcellerna. Utan ljus är hyperpolarisering på ca -55mV men under djupsömn ligger hyperpolariseringen på -75mV vilket innebär att det krävs ett stort stimuli för att få aktionspotential att byggas upp!



PRIMÄRA SYNBARKEN

Primära synbarken (V1) är belägen i occipitalloben vid sulcus calcarinus. Syncortex lager fyra innehåller en väldigt stor mängd fibrer som terminerar på ett specifikt vis. Primära syncortex lager 4c, som är indelat i kolumner, **ocular dominance columns** (får information från enbart ett öga), där signalen terminerar **monokulärt** igen. I lagrena runt i kring lager fyra kommer signalerna som projiceras från lager fyra att interagera med varandra i **binokulära celler** (pyramidceller i lager 2 och 3 bland annat)



SEKUNDÄRA SYNBARKEN

Hur informationen i cortex analyseras sker på olika ställen beroende på vad för info det ger oss:

- » Temporalloben → ventral ström → Ger oss info om VAD vi ser (färg exempelvis)
- » Occipitalloben → dorsal ström → ger oss info om VART föremålet är (målar upp en karta)

SINNEN – SMAK

Kemoreception innebär kroppens förmåga att uppta och identifiera kemiska substanser. Smak och lukt är två exempel på när kemoreception förekommer.

- » Ämnen som capsaicin från chilifrukter kommer inte att stimulera vare sig lukt- eller smakreceptorer, utan klassas istället som ett irriterande ämne som istället binder in till smärtreceptorerna på antingen tungan eller i näsan.

ÖVERSIKT

I munhålan har vi smaklökar som registrerar smakerna vi får i oss. Dessa är belägna framförallt i tungan men även i larynx, epiglottis, pharynx och esophagus. Från smaklökarna kommer informationen som detekteras att till medulla oblongata, **nucleus tractus solitarius**, via kranialnerv VII (facialis), IX (glossopharyngeus) och X (vagus). I kärnan sker sedan en synaptisk omkoppling till sekundära neuron som leder vidare till thalamus och dess smakomkopplingsstation **VMB**. Här sker sedan en andra synaptisk omkoppling till ett tredje neuron som till sist leder informationen till smakcortex, lokaliserat i insula.

5 SMAKER

Idag finns 5 etablerade smaker som olika receptorer svarar på.

- » Sött
- » Surt
- » Umami
- » Beskt
- » Salt

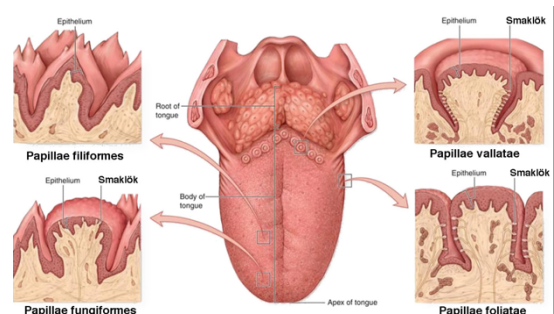
Variationen av dessa receptorer kan variera på olika områden på tungan, vilket gör att olika delar av tungan kan vara extra känsliga för vissa smaker. Observera att alla smaker kan detekteras på hela tungan.



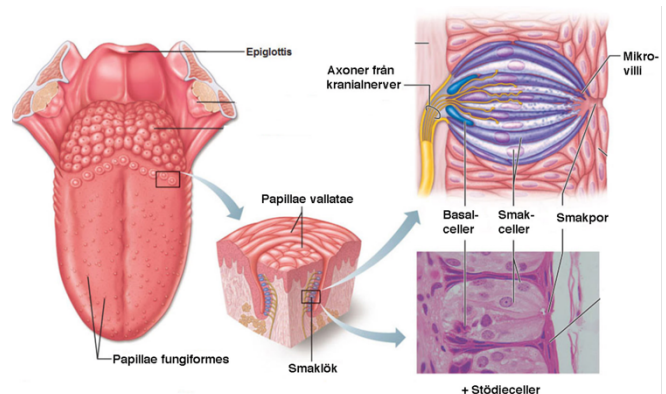
PAPILLER OCH SMAKLÖKAR

Smaklökarna hittas i munhålan i strukturer som kallas papiller, där olika papiller hittas på olika ställen:

- » Papillae filiformes – Innehåller INGA smaklökar, utan består istället endast av raspiga utskott
- » Papillae fungiformes – uttrycks på stora delar av tungans övre yta, där smaklökarna finns insprängda längs ytan.
- » Papillae vallatae – Finns omkring 10 stycken längst bak på tungan och innehåller smaklökar. Kan ses med blotta ögat.
- » Papillae foliatae - Hittas på kanterna, baktill, av tungan och innehåller smaklökar nere i "vallgravarna"



Smaklökarna är lökformade strukturer bestående av flera **smakreceptorceller** (räknas INTE som nervceller). Dessa celler förnyas jämt och ständigt av basceller (stamceller), då dessa celler har en omsättningstid på två veckor. Längst ut på smaklöken hittas en **smakpor**, vilket är öppningen i epitelet där smakämnen kan tränga in och binda till receptorerna på cellerna → cellen aktiveras. Runt omkring ovannämnda celler finns även **stödjeceller**.



Labeled line – En enskild smakcell uttrycker bara receptorer för EN typ av smak, detta innebär att ett axon som leder signal till hjärnstammen kommer bara leda info om EN ENDA smak för att bibehålla specificiteten. Detta förklarar hur hjärnan uppfattar vilken smak vi känner.

SMAKTRANSDUKTION

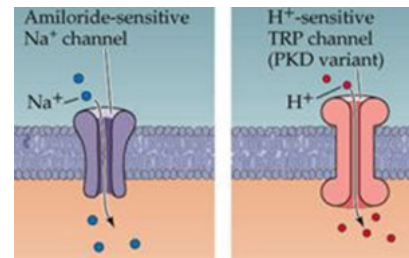
Smaktransduktion innebär vägen från smakämne till nervsignal.

Olika smaker kommer att leda till en depolarisering i den smakreceptorn som den binder till. Depolariseringen leder till att transmittorsubstans frisätts till axonet som för signalen vidare. Viktigaste substansen är **ATP**.

SALT OCH SURT

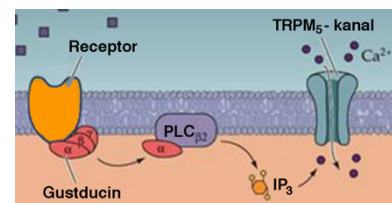
Specifika jonkanaler känner av att vi har en hög koncentration av salt eller surt.

- » Vid **salt** känns en hög koncentration av Na^+ av, vilket får amiloridkänsliga kanaler att öppnas vilket tillåter natrium att strömma in vilket leder till depolarisation
- » Vid **surt** känns en hög koncentration av H^+ av vilket stimulerar en vätejonskänslig TRP kanal → depolarisation



SÖTT, UMAMI OCH BESKT

Gemensamt för allt smaker är att de interagerar med en G-proteinkopplad receptor, dock skiljer de sig åt beroende på smaken. Den intracellulära vägen är dock sig lik → Gustducin aktiveras → aktiverar fosfolipas C → producerar IP_3 , vilket binder till en TRPM_5 -kanal (Ca^{2+} -kanal) → kanalen öppnas så att Ca^{2+} flödar in och skapar en depolarisation.



Receptorer

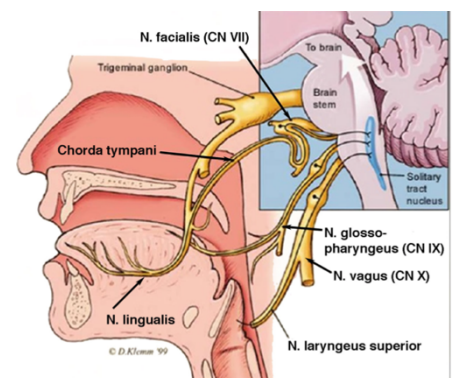
Receptorerna, till vilka sött, umami och salt binder in till, tillhör genfamiljerna T1R och T2R. Familjen T1R består av tre varianter; T1R1, T1R2 och T1R3, medan T2R familjen består av omkring 30 st olika.

- » Sött binder till en dimer av T1R2 + T1R3
- » Umami binder till en dimer av T1R1 + T1R3
- » Beskt binder till någon av de 30 olika T2R, där samtliga receptorer alltid uttrycks i alla "beskceller". Detta beror på att beskhet i många fall indikerar gift och är därmed livsviktigt att det detekteras.

TILL HJÄRNSTAMMEN VIA KRANIALNERVER

Beroende på vilken del av tungan smaklöckarna befinner sig vid kommer olika nerver bistå med signalväg. Smaksensationen leds till hjärnstammens **nucleus tractus solitarius (lateral medulla oblongata)**, där alla smakfibrer kopplas om. Detta kan ske på tre olika vis:

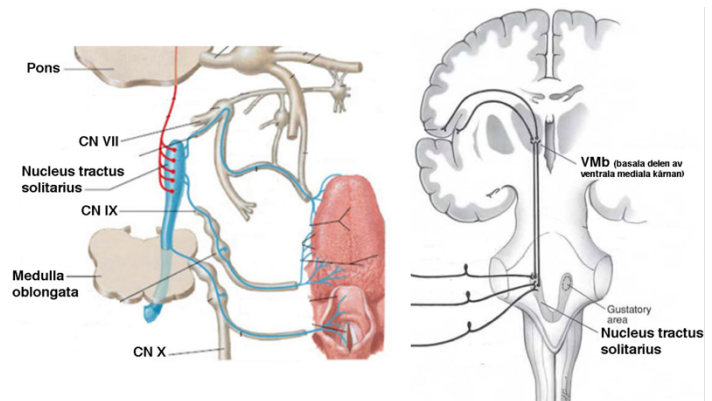
1. **CN IX glossopharyngeus** – innerverar den bakre tredjedelen och löper via vagina carotica → foramen jugulare till kärnan.
2. **CN X Vagus** – innerverar epiglottis, delar av svaljet och esophagus och har direkta grenar som löper via foramen jugulare till kärnan. Grenen kallas n. laryngeus superior.
3. Den främre 2/3 av tungan är lite krångligare. Till en början kommer den leddas av **N. lingualis** som från början är en förgrening av **N. mandibularis (CN V₃)**. Under okbågen kommer det avgå en förgrening, chorda tympani, som löper genom mellanörat och ansluter sig till **n. facialis (CN VII)** vid canalis facialis. som till sist löper in i nucleus tractus solitarius.



I chorda löper även parasympatisk innervation av glandula submandibularis och mandibularis. Preganglionära fibrerna utgår från hjärnstammen, löper med N. facialis, följer med chorda tympani och därefter n. lingualis. Nära spottkörtlarna kopplas det om till postganglionära axoner som reglerar sekretionen.

NUCLEUS TRACTUS SOLITARIUS OCH VMB

Smakfibrerna går till den övre delen av kärnan **tractus solitarius** som ligger **dorsalmedialt i medulla oblongata**. Här kopplas de om till andra ordningens neuron som går upp till **VMB** (basala delen av den ventrala mediala kärnan) i talamus. Tillskillnad från andra sensoriska system kommer projektionen från nucleus till VMB ske **ipsilateralt (OBS)**.

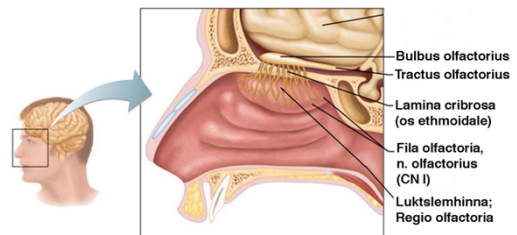


Här sker ytterligare en omkoppling till tredje ordningens neuron, som signalerar vidare till smakcortex beläget i insula. Utöver dessa ovannämnda platser kommer även signaler att förmedlas till flera delar av hjärnan, vilket ger oss intryck om maten (i amygdala: gott/äckligt?).

SINNEN – LUKT

ÖVERSIKT

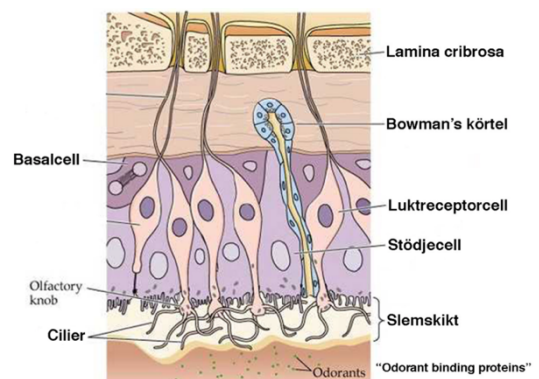
Högt upp i nästaket hittar man luktslemhinnan – **regio olfactoria**. Här hittar man fila olfactoria, som består av tunna buntar av myeliniserade axoner som löper upp mot hjärnan, och utgör den första kranialnerven, **N. olfactorius**. Nerven kommer att löpa igenom benet os ethmoidale, i delen så kallad **lamina cribrosa** som har små hål i sig där fibrerna löper igenom till klumpen, **bulbus olfactorius**, som ligger under frontalloben. Här kommer omkopplingen ske till andra ordningen neuron, vilka också är en del av CN I.



OBS! Thalamus är INTE inblandat i detta system – skiljer sig från andra sensoriska system.

LUKTSLEMHINNAN

Luktreceptorcellerna är – i motsats till smakreceptorerna – definierade som nervceller, men kommer trots det kunna **omsättas** efter 1-2 månader från basala celler. Runt i kring luktreceptorerna hittar vi stödjeceller. Luktreptorn är uppbyggd på så vis att de har utskott med men liten knopp som i sin tur har **cilier** som sticker ut i **slemskiktet**. På cilierna finns luktreceptorproteinerna. Receptorerna detekterar luktämnen (odoranter), varpå en signal skickas vidare.

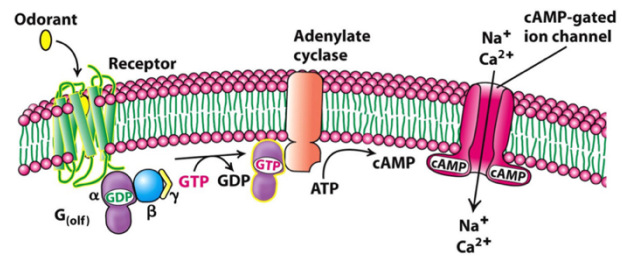


Slemskiktet, som cilierna ligger inbäddade i, produceras av **Bowmans körtlar** och har en viktig funktion i att även få hydrofoba odoranter (genom DBP) att nå cilierna.

LUKTTRANDUKTION

Vad som skiljer mellan olika dofter är dess **receptorer** (g-protein kopplade), varvid dess intracellulära signalväg är sig lik sött, umami och besöts.

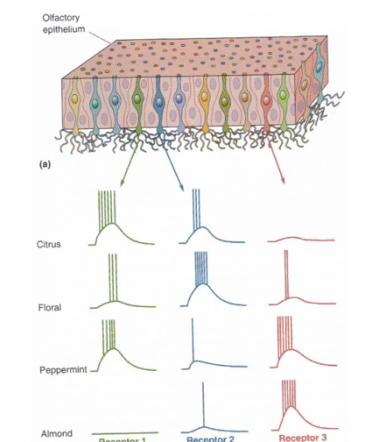
Receptorerna är G-protein kopplade, vilket gör att G_{olf} aktiveras → aktiverar adenylatcyklas → ATP görs om till cAMP, vilket i sin tur öppnar cAMP-känsliga jonkanaler → inflöde av Na^+ och Ca^{2+} , vilket leder till en depolarisation.



RECEPTORER

Omkring 3% (!?) av vårt genom utgörs av luktreptorgener, där omkring 400 gener är funktionella och tillhör olfactory receptor genes (OR). Det finns även runt 400 pseudogener, vilka istället är ofunktionella. Trots detta klassas vi människor som mikrosmatiska (lukten är av mindre betydelse för vår överlevnad), medan djur som elefanter och råttor klassas som makrosmatiska (lukten är av stor vikt för överlevnad).

Det finns omkring 400 luktreptorer, men 10 000 olika lukter... hur går det ihop? Luktreptorer är inte specifika för ett enskilt ämne, utan kan detektera flera olika ämnen men olika bra. I bilden till höger visas tre exempel på receptorer, där receptor 1 stimuleras mycket av citrus medan receptor 3 inte ger något utslag alls. De mitralceller som aktiveras kommer tillsammans skapa ett signalmönster i cortex piriformis, vilket hjälper till med defineringen av doften.

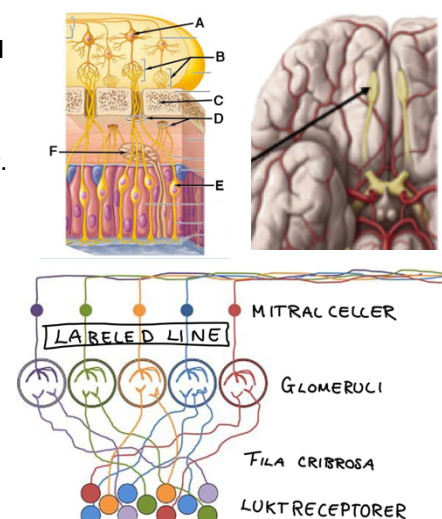


BULBUS OLFACTORIUS

Axonerna som löpt genom lamina cribrosa (C) når bulbus olfactorius (**gul struktur**) som ligger ovan os ethmoidale. Där synapsar de i komplexa synaptiska strukturer, glomeruli (B), mot så kallade mitralceller (A). I varje glomeruli finns omkring 25 000 axoner, men endast 25 mitralceller.

- » (D) – fila olfactorius
- » (E) - Luktreptorcell
- » (F) – Bowmans körtlar

Labeled line – Luktreptorcellerna uttrycker bara en utav våra receptorer. Axoner från SAMMA luktreptor synapsar till SAMMA glomeruli, vilket för att det sker en sortering så att mitralceller ENBART tar mot signaler från en typ av luktreptor → detta för att bibehålla specificiteten. **OBS VIKTIGT BEGREPP.**

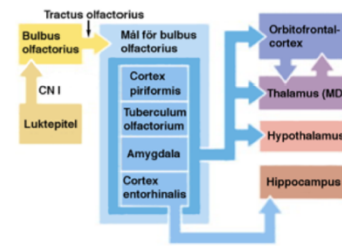


TILL HJÄRNAN

Från bulbus olfactorius går mitralcellernas axon vidare via de bilaterala nervbuntarna, **tractus olfactorius** (fortsättning på CN I), som leder vidare till hjärnan. Väl i hjärnan leds signalerna bland annat till **cortex piriformis** som är det primära centrum för att definiera olika typer av dofter. Signalerna kommer även leda till

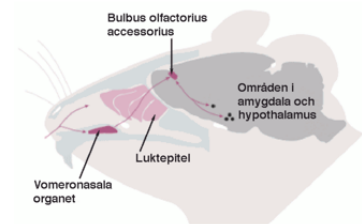
andra delar av hjärnan såsom tuberculum olfactorium och amygdala, vilka i sin tur är sammanbundna med andra strukturer i hjärnan.

- » Som tidigare nämnt, vi har 400 st olika receptorer – men kan definiera flera dofter eftersom receptorerna inte är specifika för en enda doft. Styrkan på reaktionen från flertalet receptorer integreras i **luktcortex**, och vi uppfattar den doft som utsöndrats i vår omgivning.



VOMERONASALA ORGANET

Ett parallellt luktsystem som utgår ifrån det särskilda vomeronasala organet. Detta organ detekterar feromoner genom att uttrycka specifika luktreceptorer. Signalerna sänds sedan vidare till **bulbus olfactorius accessorius**, där signalerna sedan omkopplas till amygdala och hypothalamus. Detta organ är viktigt för beteenden och kan bland annat inducera rädsla eller sexuell lust. Hos människan är det fortsatt ett stort frågetecken ifall vi har detta organ eller inte, och anledningen till detta är att vårt genom endast består av fem gener för funktionella receptorer för det vomeronasala organet.



Exempel: En mus kommer att bli rädd bara av att känna doften av kattferomoner.

HÖRSEL OCH BALANS

HÖRSEL

ÖVERSIKT

Innerörat kan uppfatta vibrationer ned till 0.1 nm (en väteatom) och kan även uppfatta frekvensskillnader ned till ca 0.2% vilket motsvarar en särskiljning av 1000 Hz och 1002 Hz. Innerörat kan uppfatta tidsskillnader på ca 1 mikrosekund vilket gör att vi kan avgöra vilket håll ljudet kommer ifrån.

En människa kan uppfatta frekvenser mellan 20 – 20 000 Hz, och vid en hörselnedsättning är det vanligtvis de högre frekvenserna som försvinner först.

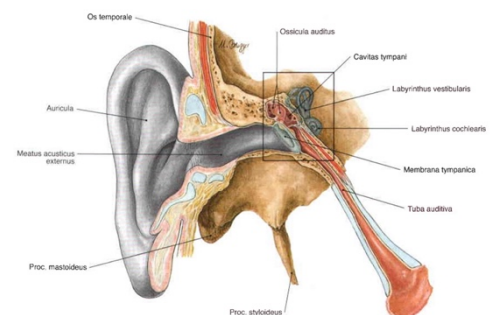
- » **Konsonanter** återfinns vid högre frekvenser
- » **Vokaler** vid lägre frekvenser.

AUDIOGRAM

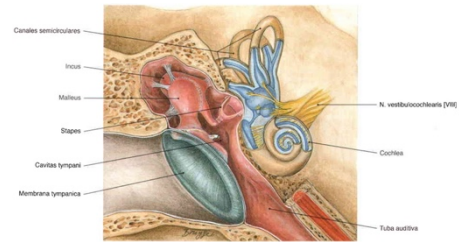
Är en typ av undersökning man gör för att undersöka eventuell hörselnedsättning vid ett antal standardiserade testfrekvenser mätt med en audiometer. På X-axeln visas testfrekvenser (mätt i Hz) och på Y-axeln visas ljudtrycksintensiteten (mätt i dB). För varje ljudfrekvens mäts vilken ljudnivå som en testpersons öra kan uppfatta ljud. Vid 90 dB anses du som helt döv för de frekvenserna.

ÖRATS ANATOMI

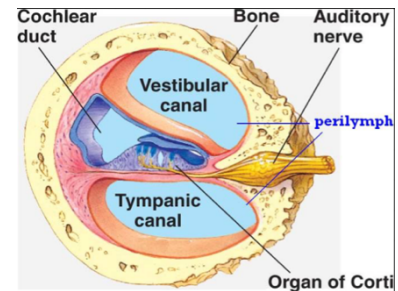
Ytterörat – ytterörat har till uppgift att samla in ljud från vår omgivning och innefattar den synliga delen öronmusslan (pinna) och örsnibben (lobulus auriculæ). Till ytterörat hör även hörselgången.



Mellanörat – Börjar vid trumhinnan (membrana tympanica) i slutet av hörselgången (meatus acusticus externus) och fortsätter sedan med de tre hörselbenen hammaren (malleus), städet (incus) och stigbygeln (stapes). Dessa tre skapar en förbindelse mellan trumhinnan och innerörat.



Innerörat - Innehåller de sensoriska organen för hörsel och balans. Hörselsnäckan (cochlea) motsvarar hörseldelen av innerörat. Balansen sköts av de semicirkulära kanalerna (canales semicirculares) samt utriculus och sacculus, vilka finns belägna i vestibulum (delen mellan de semicirkulära kanalerna och cochlea). På vestibulum sitter bland annat det ovala fönstret som stapes vibrerar mot. Mellan cochlea och Hörseln innerveras av **n. cochlearis** och balansen av **n. vestibularis**, vilka tillsammans går ihop och bildar CN VIII (**n. vestibulocochlearis**).



- » **Cochlea** är en snäckformad tunnel som består av tre stycken vätskerum; scala vestibuli, scala media och scala tympani. I scala vestibuli och tympani kallas vätskan för **perilymf** och i scala media kallas den för **endolymf**. De tre kanaler separeras från varandra av två känsliga membran, kallade Reissners membran och **basilarmembranet**. Av dessa två membran är basilarmembranet det klart viktigaste! På basilarmembranet i scala media hittas själva hörselorganet, även kallat **cortiska organet**, som består av hårceller.

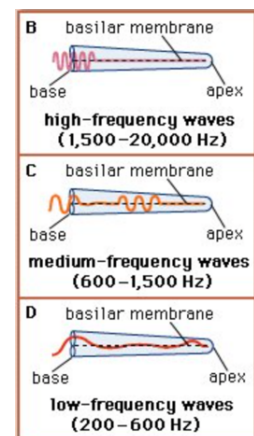
LJUDETS VÄG GENOM ÖRAT

Ljudet kommer in via hörselgången i form av ljudvågor. När ljudvågorna når trumhinnan kommer den att börja vibrera i samma frekvens som ljudvågorna och överförs till malleus, incus och stapes. Rörelsen från benen återges till innerörats vätskerum genom att stapes trycker på det ovala fönstret varpå vibrationer i perilymfan i scala vestibuli skapas. I och med att vätskan inte kan komprimeras kommer det runda fönstret, i änden på scala tympani att åka ut. **Basilarmembranet** har olika mekaniska egenskaper längs cochlea, vilket innebär att olika delar av membranet kommer att vibrera vid olika frekvenser.

- » Vid basen är membranet styvt och hårt vilket kräver hög frekvens för att rubbas.

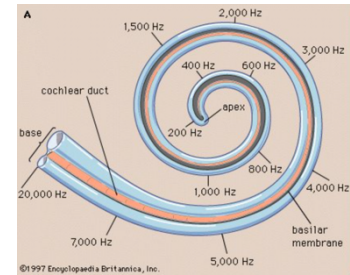
Varje ton har sin egen frekvens, varpå dess vibrationer i perilymfan kommer att transporteras till dess att maximal amplitud uppnås (se bild till höger). Efter att den maximala amplituden uppnåtts dör vibrationerna snabbt och fortsätter inte längre i cochlea. Vågen sprider sig från snäckans bas (högfrekventa ljud) mot apex (lågfrekventa ljud).

- » Örat är en mekanisk frekvensanalysator, som kan urskilja olika ljud i mer komplexa ljud. Varje enskilt ljud kommer påverka olika delar av innerörat, och detta kallas för **platsprincipen**.



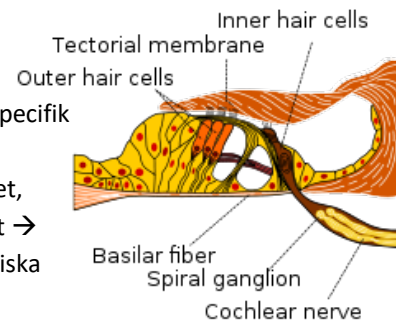
PLATSPRINCIPEN

Ljud i basområdet (låga frekvenser) kommer stimulera basilmembranet nära snäckans topp, medan ljud i diskanten (höga frekvenser) kommer stimulera basilmembranet nära snäckans bas.



HÖRSELORGANET

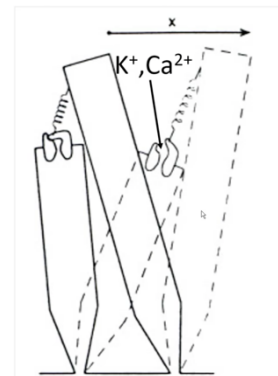
Hörselorganet, vilar som tidigare nämnt på basilmembranet och består bland annat av hårceller, vilka som i sin tur har små hårlänkande utskott kallade **stereocilier**. När basilmembranet sätts i rörelse vid en frekvensspecifik region kommer därmed även stereocilierna göra detsamma. Stereocilierna kommer då att tryckas mot det stumma överliggande tectorialmembranet, vilket medför att de böjs varje gång de kommer i kontakt med membranet → ger en exciterande signal. På detta sätt kan hörselorganet omsätta mekaniska signaler till en elektrisk signal.



- ⇒ Varje frekvens kommer få en större del av basilmembranet, än just tonen vi uppfattar, med tillhörande hårceller, att vibrera och framkalla exciterande signaler. Dock kommer de hårceller som vibrerar med högst amplitud och därmed stimuleras kraftigast att skicka vidare de nervimpulser till ljudnerven som till sist registreras som den ton vi uppfattar.

TIP LINKS

Stereocilier är förbundna med längre stereocilier genom extracellulära filament, så kallade **tip links**. Tip links är förbundna med mekaniskt känsliga jonkanaler som vid böjning av stereocilierna sträcks och öppnar jonkanaler. K^+ och Ca^{2+} strömmar då in i hårcellen och depolariserar den → elektrisk signal kan skickas vidare.



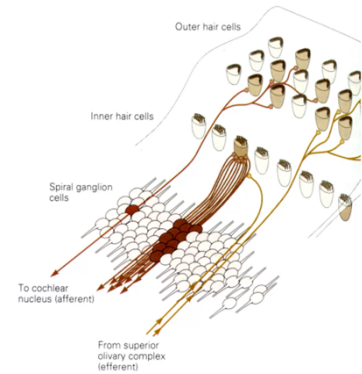
HÅRCELLER

I vårt hörselorgan har vi två typer av sinnesceller, yttre hårceller och inre hårceller, som har lite olika funktioner.

Inre hårcellerna – 95% av alla afferenta trådar i hörselnerven kontakter de inre hårcellerna. Dessa blir därför viktigast för att detektera ljud. Cellerna är päronformade och svarar på de förstärkta vibrationerna från de yttre, genom att frisätta transmittorsubstans (glutamat) mot hörselnervens dendrit, vilket gör att **aktionspotentialer uppstår i nerven** och information förs vidare till hjärnan.

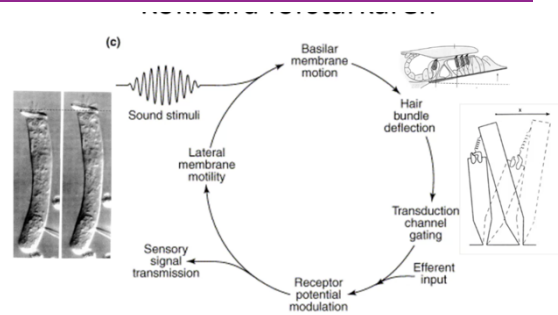
Yttre hårceller - svarar på ljud med att generera **snabba rörelser** i takt med ljudvågen. Dessa rörelser förstärker hörselorganets ljudorsakade rörelser (tip links) → Detta bidrar till att **förstärka** ljud, vilket förbättrar hörselförmågan mycket. 5% av de afferenta nervtrådarna kontakter de yttre hårcellerna. Är cylinderformade och ligger om tre rader.

- » Cilierna kan **variera i längd** beroende på membranpotentialen i cellen. Vid negativ membranpotential är cellen lång (redo att reagera på ny ljudfrekvens) och vid en mer positiv membranpotential är cellen kort. Detta tror man beror av proteinet prestin som bekläder hårcellens membran. Vid -70 mV är **prestin** utdraget → lång hårcell och vid 0mV är prestin komprimerat → kort hårcell. Dessa längdförändringar gör att de yttre hårcellerna till den **minsta biologiska motorn**.
- » Det går även efferenta nervtrådar till de yttre hårcellerna som gör det möjligt att kontrollera dem. Vi kan därmed **förstärka ljud** vi tycker är intressanta samt **skydda örat** mot buller. De efferenta nerverna hjälper då till med att **stänga av den kogleära förstärkaren** = gör stereocilierna konstant korta.



KOKLEÄRA FÖRSTÄRKAREN

Hörselorganet kan jämföras med en "aktiv mikrofon", som inte bara fångar upp ljudet, utan även förstärker det så att vi även uppfattar väldigt svaga ljud. Detta är en följd av de yttre hårcellernas längdförändring, vilket på så sätt bildar **minivibrationer i de yttre hårcellerna i takt med basilarmembranets vibrationer**. På detta sätt kommer jonkanalerna hos de stimulerade stereocilierna öppnas ännu mer → starkare elektrisk signal.



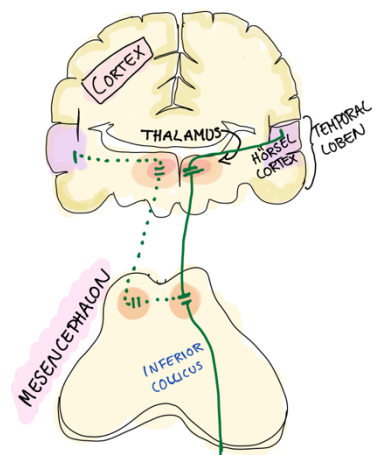
Längdförändringen av prestin är det som ger upphov till minivibrationerna som förstärker basilarmembranet funktion.

ÖRAT TILL HJÄRNAN

Hårcellerna kommer att omvandla ljud till elektriska signaler, till följd av förändringar i membranpotentialen. Dessa förändringar sker i takt med de inkommande ljudvågorna. En EPSP i hårcellerna leder till glutamatutsöndring och inducering av aktionspotential till de nervceller som för vidare signalen till hjärnan via n. cochlearis som bildar **CN VIII, n. vestibulocochlearis**.

I varje ny omkoppling i nervbanan extraheras lite information! Det som når primära hörselcortex är inte samtlig afferent information. **Bearbetning sker i på olika nivåer**. I varje ny omkoppling i nervbanan extraheras lite information!

Informationen kommer först gå till medulla oblongata/pons till **nucleus cochlearis**. Där kommer informationen dela sig i två olika grenar.



VAD-BANAN

Dorsalt i nucleus cochlearis kommer signalen från CN III omkoppla för första gången till den genom överkorsning till inferiora colliculus, till laterala knäkroppen i thalamus och sedan vidare till hörselcortex i temporalloben. Hjälper oss att registrera vad för något som avger ljudet och att förstå rummet.

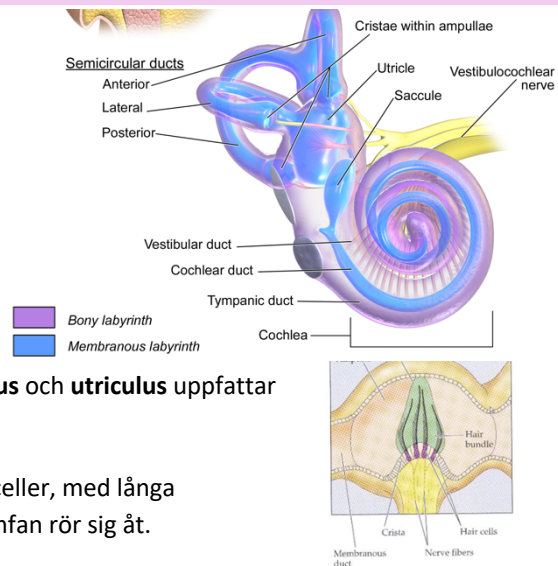
VAR-BANAN

Hjälper oss att lokalisera vart ifrån ljudet kommer genom att arbeta med tidsskillnader. Kroppens förmåga att registrera vilket öra ljudet når först. Nervtrådarna från den **anterioventrala kokleära kärnan** rör sig, efter omkoppling, till den **mediala övre oliven** där tidsskillnaderna jämförs och till den **lateral övre oliven** där ljusintensiteten jämförs. Skulle ljudet komma rakt ifrån en sida kan ibland en ljudskugga skapas för motsatt öra. Därefter sker en överkorsning till colliculus inferior och sedan vidare till laterala knäknäppen och tillsist cortex.

BALANS

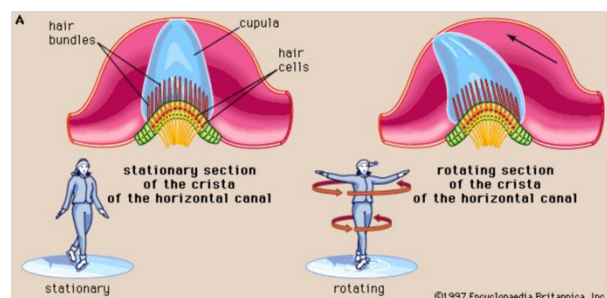
Balansen registreras av labyrinthen, en struktur bredvid labyrinthen vilken består av en benlabyrinth (ytterst) och en hinnlabyrinth (innerst). Inuti hinnlabyrinth rinner endolymfa (mycket natrium och kalium) som står i förbindelse med **cochleas scala media**, och mellan hinn- och benlabyrinth hittas perilymfan. Labyrinthen i stort utgörs av tre semicirkulära båggångar och ampuller vid bågarnas bas, i vilka sacculus och utricle återfinns i anslutning till. De semicirkulära bågarna uppfattar **angulär acceleration** i alla tre dimensionella plan och **sacculus** och **utricle** uppfattar linjär acceleration och huvudets position.

- » I varje ampull samt U och S, återfinns en grupp hårceller, med långa stereocilier som registrerar i vilken riktning endolymfan rör sig åt.
- » Informationen som detekteras skickas via n. vestibularis som sedan bildar **n. vestibulocochlearis**



EN BÅGGÅNGS FUNKTION

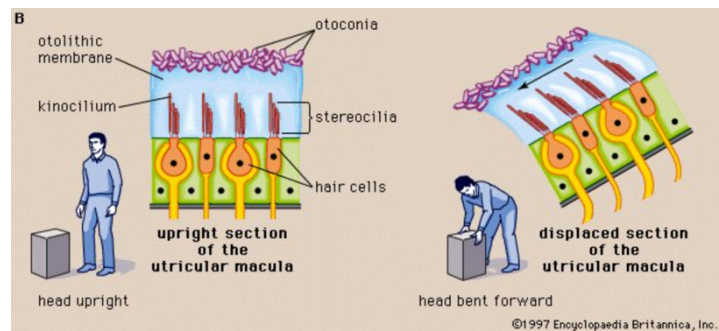
En båggång kommer att uppfatta angulär acceleration med hjälp av endolymfan. Exempelvis, när vi roterar vårt huvud åt vänster så kommer endolymfan ha en viss **tröghet** som gör att det blir en relativ rotation av vätskan i motsatt håll mot huvudets rotation. Detta leder till att ampullernas stereocilier böjs som bilden visar → vi får en ökning av impulser på vänster sida.



OBS! Balansorganet kan bara uppfatta accelerationer, vilket innebär att en förändring av vinkel i konstant hastighet inte kommer att registreras.

SACculus och UTRICULUS

Sacculus och utriculus fungerar annorlunda genom att dess långa stereocilier är täckta av **glykoproteiner**, och har dessutom så kallade otokonier på sig. Otokonier är små kristaller av kalciumkarbonat som ökar strånas massa och tendens att följa gravitationen. När vi lutar huvudet kommer massan att vilja glida med. Sacculus och utriculus detekterar således huvudets position i förhållande till gravitationen.



- » Sacculus – linjär acceleration i vertikalplanet – typ 1 hårceller som är päronformade (som de inre)
- » Utriculus – linjär acceleration i horisontalplanet – typ 2 hårceller som är cylindriska (som de yttre)

ÖRAT TILL HJÄRNAN

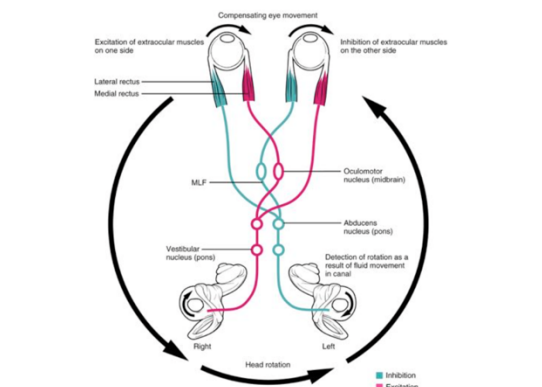
De afferenta nerverna från labyrinthen leds via **n. vestibulocochlearis (CN VIII)** till den vestibulära kärnan i PONS. Denna kärna har tre huvudsakliga uppgifter:

Vestibulo-okulära reflexen (VOR)

Rörelse/rotation av huvudet ger motsatt rörelseriktning av ögonen vilket tillåter oss att fokusera blicken och uppfatta världens som stillastående. Båggångarna detekterar rotatoriska rörelser vilket signaleras från vestibulärskärnor som kopplar om till ögonen muskler. Fungerar inte denna reflex kommer vi uppleva yrsel. Omkoppling sker till:

- » Abducens kärnan i pons (från vilken m. rectus lateralis styrs)
- » Oculomotoriska kärnan (från vilken bland annat m. rectus medialis styrs)

Vestibulo-okulära reflexen (VOR)



Vestibulo-spinala reflexen (VSR)

Vestibulära kärnor står även i förbindelse med skelettmuskulaturen vilket gör det möjligt att komponera störningar i vår balans → ständigt flöde. Information fås från musklerna genom proprioception (golgi senorgan och muskelspolar), synen samt tryckreceptorer i våra fötter.

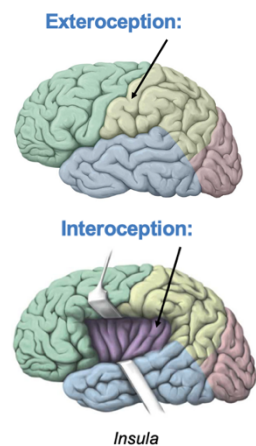
Förbindelser till cortex som gör oss medvetna om vart vi befinner oss i rummet samt hur vi rör oss.

SOMATOSENSORIK

ÖVERSIKT

Somatosensorik är vårt känselsinne och innefattar de processer som ger upphov till eller påverkar detta sinne och tillhörande preception (uppfattningsförmåga). Det somatosensoriska systemet kan delas upp i två fundamentalt olika system:

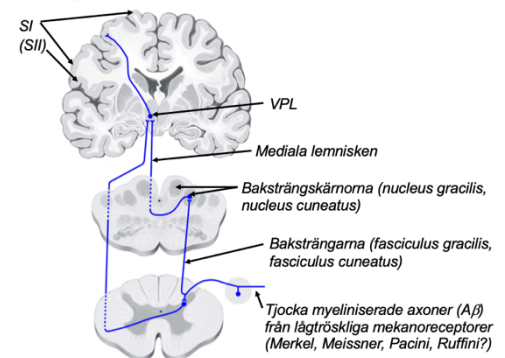
- » **Exteroception** – det sinne vi använder för att känna **omgivningen**, och där bland framförallt beröring. Ger afferent, sensorisk, feedback till det somatomotiska systemet vilket är viktigt för att kunna styra motoriken utifrån känseln. Signalerna kommer ledas till det primära somatosensoriska cortex i gyrus postcentralis.
- » **Interception** – det sinne som känner av hur **kroppen** mår, genom smärta, temperatur, klåda osv. Här ges även afferent feedback för det autonoma nervsystemet där varierande temperaturer kan påverka blodförsörjning och svettningar. Signalerna kommer leda till det primära interoceptiva cortex ligger där pilen pekar (i dorsala posteriora insula).



EXTEROCEPTION

Bilden till höger visar en översikt på hur de exteroceptiva signalerna fortleds och omkopplas i kroppen:

1. Signalerna från de lågtröskliga mekanoreceptorerna leds in via tjocka **myeliniserade A β -axoner**, som är snäppet långsammare än alfa-fibrer. Signalen kommer att fortledas in via dorsalrötterna till sin nervcellskropp i **dorsalrotsgangliet** innan de leds in till ryggmärgens via **dorsalroten** till **lamina 3**. De allra viktigaste (!!!) signalerna kommer att fortledas UTAN omkoppling till **baksträngarna** (belägna i bakhornet) på respektive sida.



Det finns två olika baksträngar beroende på om signalerna kommer ifrån nedre delen av kroppen eller den övre delen. Den **nedre delen** kommer att löpa med **fasciculus gracilis** och ligger mest medialt av dem två. Den **övre delen**, och där framförallt armen, kommer att löpa med **fasciculus cuneatus** som ligger mer lateralt.

2. Båda fasciklarna löper upp till kaudala **medulla oblongata** och terminerar i två kärnor med motsvarande fasciklarnas namn → **nucleus Gracilis och cuneatus**. Det sekundära neuronet kommer att **korsa över** till andra sidan hjärnstammen och bilda den mediala lemnisken. Mediala lemnisken är en tydlig bunt av axoner som terminerar i **VPL** (nucleus ventralis posterolateralis) i **thalamus**. VPL kommer ha en somatotrofisk organisation, detta för att nervsystemet skall ha koll på var signalerna kommer ifrån.
3. I thalamus ligger tredje ordningens neuron som skickar vidare signal till **primära somatosensoriska cortex** (även kallat S1) i **gyrus postcentralis**. Signalerna kommer gå via capsula interna.

PARALLELL BANA

Utöver projektionen som går via baksträngen, har vi en parallell bana för den här typen av information. Primär afferenten eller beröringsfibrerna löper även in i bakhornet där de kopplar om till ett neuron tillhörande **tractus spinothalamicus** från **lamina 5-neuron** genom en överkorsning. Lamina 5 har mycket större receptiva fält vilket innebär att denna signalväg inte har samma förmåga att skicka detaljerad känselinformation.

- » Skadar man baksträngarna har man fortfarande en typ av grov beröringskänsl kvar.

DISKRIMINATIV BERÖRING

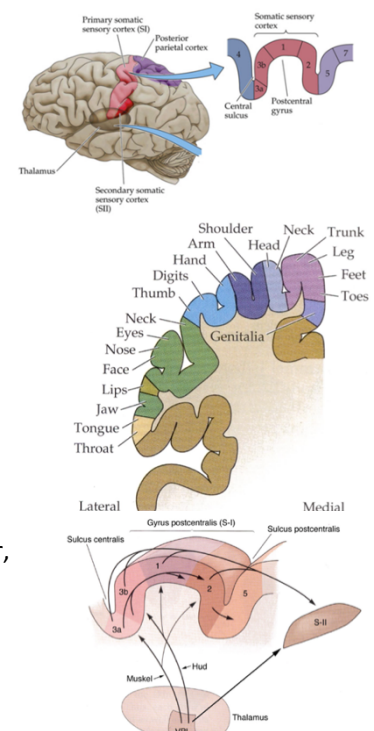
Beskriver de somatosensoriska signalernas **nära koppling till det motoriska systemet**. Detta begrepp innefattar bland annat förmågan att kunna stoppa ned handen i fickan och ta upp rätt nyckelset av flera möjliga enbart genom känsel.

GYRUS POSTCENTRALIS – SOMATOSENSORISKA CORTEX

Signalerna går från cortex från thalamus VPL, via capsula interna gyrus postcentralis som ligger belagt som en **coronial** strimma relativt medialt. Strimman kommer att vara **somatotrofisk organiserat (homunculus)** utifrån hemisfärerna. Man kan likna organisationen som en människa som hänger i knävecket med **knäna** belagda medialt.

Även sagittalt kan man finna en organisation hur projektionerna från VPL är organiserade. En **generell princip** för sensoriska system är att vi har primära representationer av respektive modalitet som kommer in till cortex. Därefter kommer informationen bearbetas och tolkas i intilliggande cortexområden;

- » **3a** kommer att motta informationen från **proprioceptorer** (muskelaferenter)
- » **3b** mottar information från lågtröskliga hudafferenter (merkel, meissner, pacini och ruffini).
- » Area 1 är viktigt för bearbetning för att känna hur en yta "är" → texture
- » Area 2 bearbetningen tas vidare för att känna storlek och form



RECEPTORER

Exteroception är beroende av speciella receptororgan som agerar primärafferenter, som är lågtröskliga mekanoreceptorer. Detta innebär att de är känsliga och kan reagera på väldigt låg stimuli. Alla nedanstående receptorer signalerar via tjocka myeliniserade **A β -axon**.

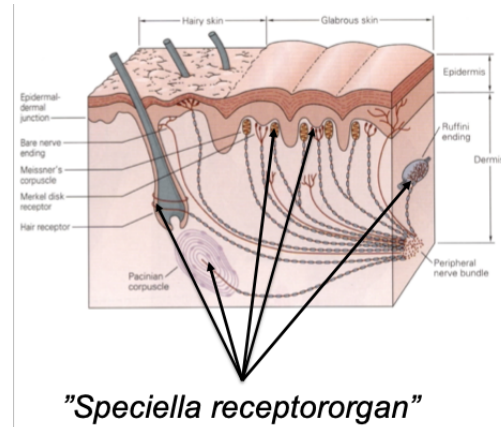
Merkelceller har små receptiva fält, vilket gör dem väldigt precisa. Viktigt för detaljerad känsel i händer och fingrar. LÅNGSAMT adapterande.

Meissner-kroppar och hårceller är varandras motsvarigheter, bara att hårceller hittas i hårbeklädd hud och meissner-kroppar i hårlös hud. Likt merkelcellerna har dessa typer också små receptiva fält, vilket gör dem väldigt precisa. Även dessa är viktiga för detaljerad känsel i händer och fingrar. SNABBT adapterande

Pacini-kroppar celler är stora lökformade strukturer som går att se med blotta ögat vid ett snitt. Dessa har stora receptiva fält vilket gör dem mer oprecisa. SNABBT adapterande

Ruffini-kroppar aktiveras bäst genom att vi drar i huden lokalt. Man tror att dessa möjligtvis har en proprioceptiv funktion. När fingrarna böjs dras huden ut → signal om att fingrarna är böjda (teori!). LÅNGSAMT adapterande.

När vi exempelvis trycker ett finger hårt mot armen så kommer de olika cellerna adaptera till detta. **Ruffini** och **Merkelceller långsamt adaptera** vilket innebär att de kommer att signalera under hela perioden fingret pressas mot armen. **Meissner** och **Pacini** å andra sidan är **snabbt adapterande** och kommer signalera i sekvensen vi trycker in och sekvensen då vi släpper.



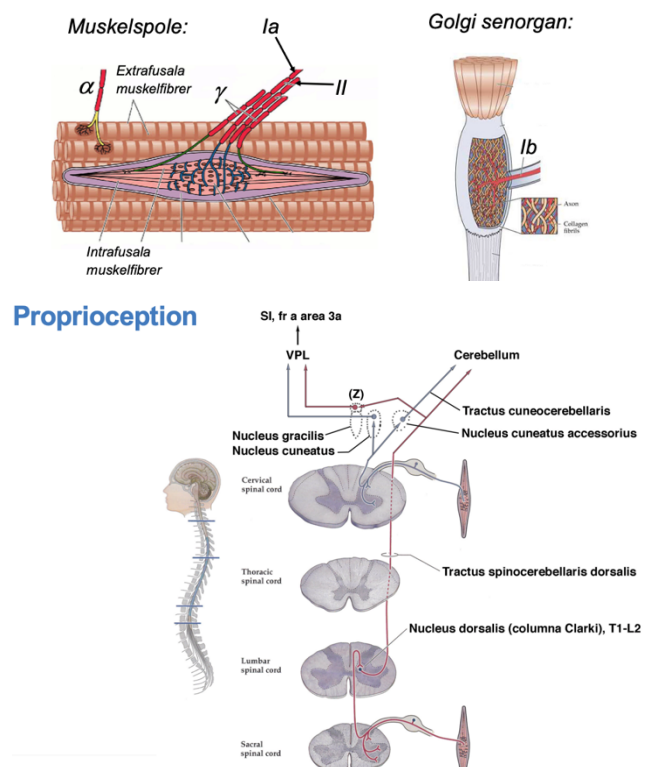
PROPRIOCEPTION

Trots att vi inte ser vår egen kropp har vi möjligheten att kunna avgöra vilka lägen våra kroppsdelar befinner sig i. **Proprioception och exteroception** anses vara närbesläktade system då de båda är viktiga för att kontrollera vår motorik. Dessutom löper de ganska likt i vårt nervsystem. De viktigaste receptorerna för proprioception är:

- » Muskelspolarna – detekterar längd och längdförändring av muskler
- » Golgisenorgan – finns i våra senor och detekterar tension i musklerna.

Beroende på om informationen kommer från benen eller överkroppen kommer signalerna löpa olika.

Proprioception från armen kommer en afferent från exempelvis en muskelspole löpa in via dorsalroten in i ryggmärgen och utan att omkopplas löpa vidare till **nucleus cuneatus** där den terminerar till axon som **överkorsar**. Axonet fortsätter till VPL där tredje ordningens neuron kopplas in för att sedan löpa vidare till **cortex 3a**.

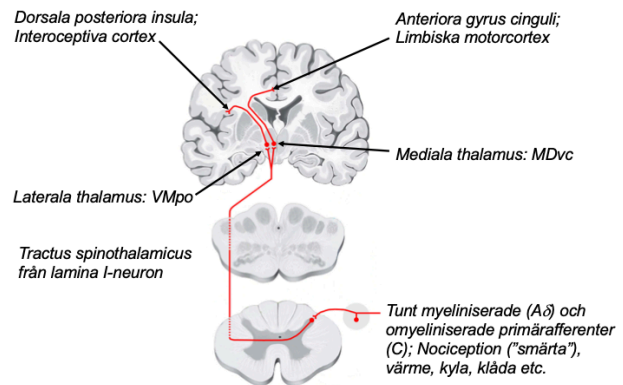


Proprioception från benet kommer till en början också löpa genom baksträngarna fast i **fasciculus gracilis**. En bit på väg upp kommer axonerna dock att terminera i kärnan **nucleus dorsalis**. Axonet kommer därifrån löpa ut i den vita substansen och tillsammans med alla axoner bilda en bana som heter **tractus spinocerebellaris dorsalis** som löper direkt till cerebellum där informationen kommer att interageras vidare (se föreläsning motorik 2). Däremot kommer en gen att löpa över till **nucleus gracilis** i medulla oblongata som kopplas vidare till VPL etc.

INTEROCEPTION

Det interoceptiva systemet kallas även för smärtbanesystemet, då olika typer av känsel och däribland smärta (nociception) kan registreras. Andra typer av känsel som detekteras och vidareförmedlas av detta system är temperatur och klåda. Nociception är det mer allmänna begreppet som beskriver vävnadsskada, medan smärta är det vi uppfattar i hjärnan.

Bilden till höger visar en översikt på hur de interoceptiva signalerna fortleds och omkopplas i kroppen:



1. De registrerade signalerna leds från **högttröskliga fria nervändar** in till ryggmärgen av **tunna myeliniserade Aδ-axoner** eller av **omyeliniserade C-axoner**. Dessa axoner är långsammare än de exteroceptiva Aβ-axonerna. Axonerna löper först in i **dorsalrotsganglion**, där de afferenta neuronerna har sina cellkroppar, och fortsätter därefter in i ryggmärgen via **dorsalroten**. Här sker den första omkopplingen till andra ordningens neuron i **lamina 1 eller 2**.

Olika typer av neuroner, vilka uppfattar olika typer av stimuli, kommer att omkoppla specifika neuroner som enbart signalerar en viss typ av känsel. Detta kallas för **labeled line** eller modalitetsspecificitet!

2. Dessa axon kommer att korsas över direkt där de löper upp till thalamus via **tractus spinothalamicus** (samma som den parallella vägen för exteroception) från lamina 1-neuron. I thalamus kommer axonerna terminera i två olika kärnor

MDvc – Medialt i thalamus, i den ventrocaudala delen av den mediodorsala kärnan. Tredje ordningens neuron fortsätter till **anteriora gyrus cinguli** (även kallat **limbiska motorcortex**)

VMpo – Lateralt i thalamus, i den posteriora delen av den ventromediala kärnan. Tredje ordningens neuron fortsätter sedan till **dorsala posteriora insula** (även kallat interoceptiva cortex)

OBS! KONTRALATERAL

MODALITETSSPECIFICITET

De interoceptiva afferenterna är modalitetsspecifika, vilket innebär att olika membranreceptorer aktiveras av olika stimuli och kommer att synapsa mot specifika celler i ryggmärgen, för att sedan ledas vidare som parallella banor. Mekanisk smärta har en oklar receptor där av frågetecken.

Känsla	Receptor	Fibrer	Lamina → överkorsning
Hetta	TRP1	C-fibrer	HPC (heat-pinch-cold)
Normala temperaturer	TRP3 och TRP4	Aδ-fibrer	HPC (heat-pinch-cold)
Köld	TRPM8	Aδ-fibrer	COOL
Smärta	???	Aδ-fibrer	NS (nociceptive specific)

NERVÄNDEN KOLLA UPP RECEPTORER PRIMÄR AFFERENTER

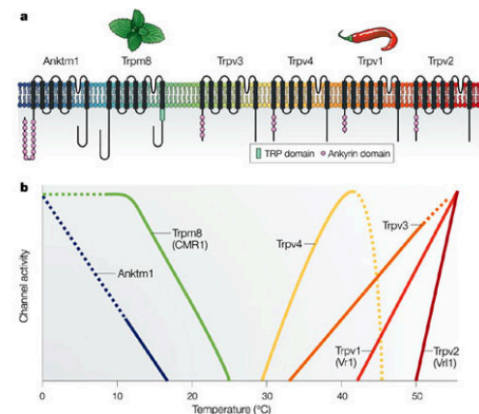
TRP-kanalerna är en viktig receptorgrupp, där många av receptorerna registrerar en stort spann av temperaturer (men olika spann). Det finns således dem som aktiveras av icke smärtsam temperatur, och de som aktiveras av smärtsam temperatur.

Bilden till höger visar exempel på olika receptorer, vid vilka temperaturer de aktiveras, hur mycket de aktiveras av olika temperaturer samt även andra stimuli vissa receptorer aktiveras av.

TRPv1 eller även så kallade capsaisinreceptorn, kommer att vara inaktiv vid temperaturer upp till 42 grader. Receptorn kommer reagera när vi äter chili

TRPv3 och TRPv4 kommer att aktiveras vid icke smärtsam temperatur.

TRPm8 kommer att vara inaktiv vid temperaturer ovan 25 grader. Vid intag av mentol kommer dess aktivitet att öka, varvid vi upplever det som kallt att tugga mentoltuggummin exempelvis.

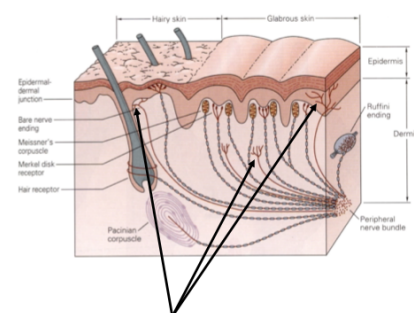


PRIMÄRAFFERENTERNAS FIBRER

Gemensamt för nociceptorerna och primärafferenterna till kyla, värme och klåda är att de har nakna nervändar. Detta innebär att deras ändar på axonerna ligger ut i vävnader utan att ta kontakt med någon speciell cell så som exteroceptions systemet gör.

Aδ-fibrer svarar för den snabba mekaniska smärtan. Om du sparkar tån i väggen känner du först en snabb skarp smärta, vilket detekteras och vidareförmedlas av dessa fibrer.

C-fibrer svarar för den långsamma smärtan och är **polymodala**, vilket innebär att de kan aktiveras av flera olika smärtsamma stimuli som, exempelvis, både för hög och för låg temperatur. Smärtan i tån efter att den sparkats i väggen övergår sedan till en mer långdragen molande smärta, vilket detekteras och vidareförmedlas av de mer trögstartade C-fibrerna.



"Nakna nervändslut"

- » Dessa axoner är inte myeliniserade då nerverna varit lika tjocka som våra armar och ben ifall alla axoner var det.

LAMINA 1

Nedan följer några modalitetsspecifika projektionsneuron från lamina 1:

- » NS (nociceptive specific) aktiveras framför allt A δ -fibrer.
- » **HPC** (heat-pinch-cold) aktiveras framför allt av C-fibrer, vilket är varma eller normala temperaturer.
- » **COOL** aktiveras av köldfibrer (A δ -fibrer).

NOCICEPTIV SMÄRTA

Definitionen av smärta; "Smärta är en obehaglig, **sensorisk** och **emotionell** upplevelse associerad med faktisk eller potentiell **vävnadsskada** eller som beskrivs i termer av sådan skada."

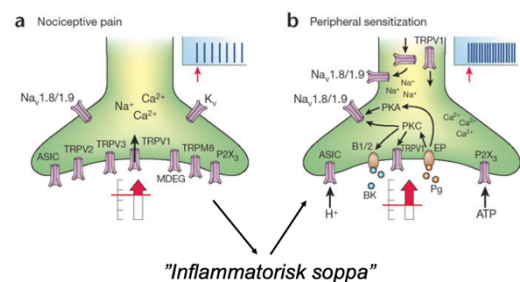
Smärta kan således dela upp i två olika delar:

- » "Jag känner att jag har ont i min tå" – sensorisk
- » "Jag tycker det är obehagligt när det gör ont eller när det är kallt" – emotionell

PERIFER SENSITISERING AV NOCICEPTORER

Viktigt att veta är att nociceptorerna känslighet kan variera. I periferin kan detta göras genom uppreglering eller nedreglering av receptorsyntesen. Vid ökat antal receptorer kommer den annars behagliga temperaturen i duschen kännas som smärta = sänkt smärtgräns på grund av fler receptorer.

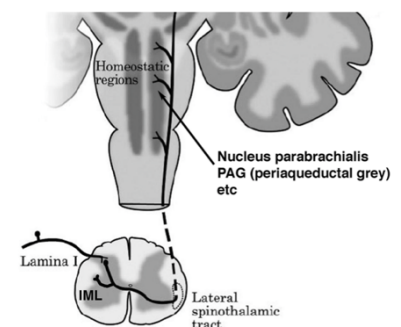
OBS! Finns även **central sensitisering** i bakhornet. Exempel på detta är soldaten som blir skottskadad i krig. Till en början gör skadan inte jätteont, vilket gör att han kan ta sig därifrån. När han dock når förbandstältet kommer all smärta på samma gång. Detta beror på att det i bakhornet finns neuronkretsar (interneuron) som kan hämma fortledningen av interoceptiva signaler vid behov.



LAMINA 1-NEURONERNS PROJEKTIONER

På vägen upp till thalamus kommer lamina 1 neuroner ha andra projektioner på ryggmärg och hjärnstamsnivå. Läs om den "stora vägen" under interception.

- » **IML** → finns belagd i ryggmärgen och står för intermediolaterala kärnan som ligger belagd i lateralhornet där de **preganglionära sympatiska neuronerna** är belagda. Här ifrån kommer den presympatiska axonerna att skickas ut via ventralroten ut i kroppen för att synapsa mot postganglionära neuron för att reglera sympatiska autonoma reflexer. Detta kan innefatta att ändra blodflödet till en viss del av kroppen beroende på temperaturen → vilket är ett exempel på spinala autonoma reflexer.



- » Högre upp i hjärnstammen har vi dessutom axoner som projicerar till olika **homeostatiska områden** består bland annat av nucleus parabrachialis och PAG) kontrollerar de preganglionära sympatiska

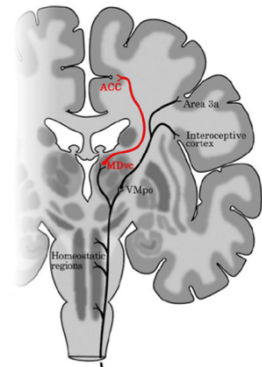
neuronen och deras output. Stimuli från de interoceptiva neuronerna kan således ge exempelvis ökad hjärtfrekvens eller höjt blodtryck.

Dessa kommer dessutom leda afferenter till nucleus tractus solitarius. Viktigt vid reglering av homeostas (se *Homeostas*)

THALAMOKORTIKALA FÖRBINDELSER

MDVC

När signalen nått thalamus kommer de terminera i en utav två kärnor varav **MDvc** står för den venterocaudala delen av den mediodorsala kärnan. Här ifrån kommer signalen synapsa och skickas till **anteriora gyrus cinguli**, eller med andra ord **limbiska motorcortex**. Detta område av cortex är viktigt för motivation och **motivationsstyrt beteende** och har en central roll i regleringen av **smärtskontrollerande system**. Kopplat till interoception kan detta jämföras med ett kylrum som känns obehagligt på vintern, men svalkande och skönt på sommaren.



VMPO

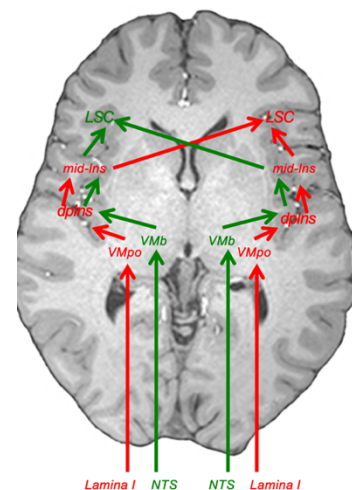
En annan kärna i thalamus är **VMpo** som mottar mer detaljerad information, som står för posteroventrala delen av venteromediala kärnan. Här utgår tredje ordningens neuron mot **dorsala posteroventrala insula (primära interoceptiva cortex)** via capsula interna. Detta område motsvarar det somatosensoriska cortex som det exteroceptiva systemet terminerar i. Hit kommer den första kortikala representationen av de interoceptiva modaliteterna. Fortsättningen på bearbetning i insula genomförs under *Lateralisering*. **Denna är viktig.**



FORTSATT BEARBETNING I INSULA

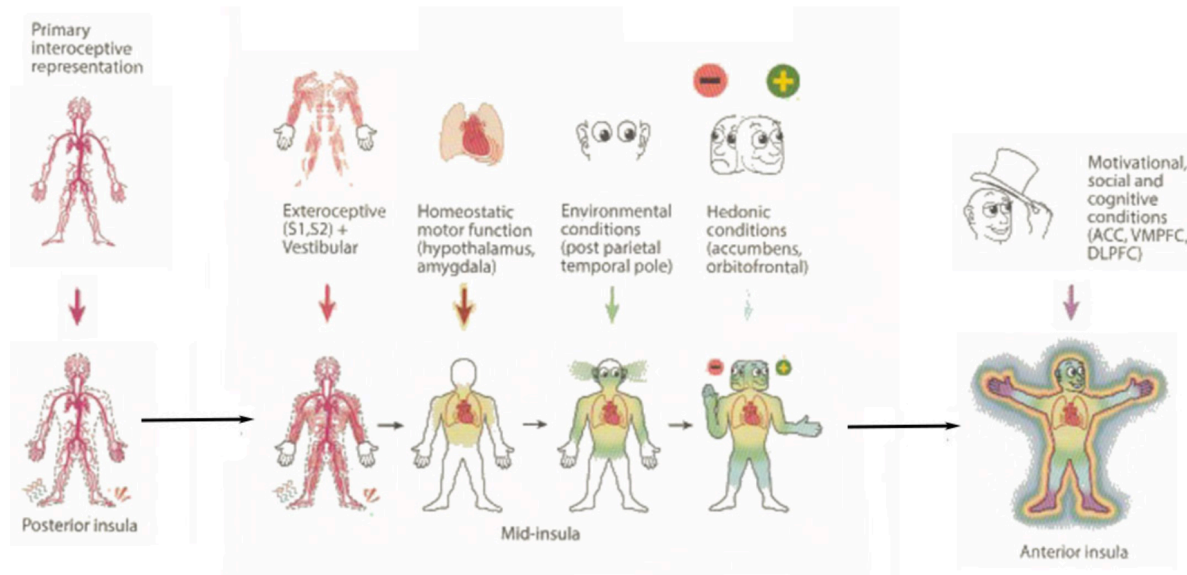
I **dorsala posteroventrala insula** finns den första somatotopiska representationen av de interoceptiva modaliteterna i cortex cerebri. Signaler löper sedan vidare till **mid-insula**, vilken svarsmässigt skiljer sig från dorsala posteroventrala insula. Båda områdena registrerar mekaniskt vad som händer i periferin, men...

- » I dorsala posteroventrala insula kommer en dubbelt så hård smäll att registreras som dubbelt så hård. Aktiveringen här motsvarar således hur hård smällen faktiskt var. Linjärt förhållande mellan intensitet och svaret på stimulen.
- » I mid-insula registreras kommer aktiveringen istället att stämma bättre överens med individens **subjektiva** bedömning. En lika hård smäll känns inte lika hård för alla. Influeras dessutom av andra faktorer.



Mid-insula är alltså viktigt för den **subjektiva upplevelsen** av sensoriska stimuli → *hur* vi upplever kroppen. Därefter sker det en andra projicering i systemet till **Anteriora insula** samt en **lateralisering**.

- » **Anteriora insula** är ett kortikalt substrat involverat i såväl subjektiva upplevelser av sensoriska stimuli som i olika emotionella känsloupplevelser relaterade till kroppsliga funktioner (t ex glädje, ledsnad, avsky, ilska, skam) → *att* vi upplever kroppen. Detta innebär att det sker ett inflöde av all möjlig information från andra delar av hjärnan också.



Från mid-insula sker en projicering från BÅDA hemisfärer, till **högra anteriora insula**. Här fortsätter signaler från lamina 1 att bearbetas. Högra anteriora insula är därmed kopplat till mer till **NEGATIVA** känslor.

Till **vänstra anteriora insula**, också kallat LSC, löper smakfibrer och parasympatiska afferenter. Dessa signaler kommer från nucleus tractus solitarius → VMb → dplns → mid-insula, men går därefter från BÅDA hemisfärer till vänstra anteriora insula för att bearbetas. I vänstra anteriora insula läggs mer fokus på **POSITIVA** känslor.

- ⇒ Anteriora insula (limbiska sensoriskacortex) har även förbindelser med limbiska motorcortex vid corpus callosum?

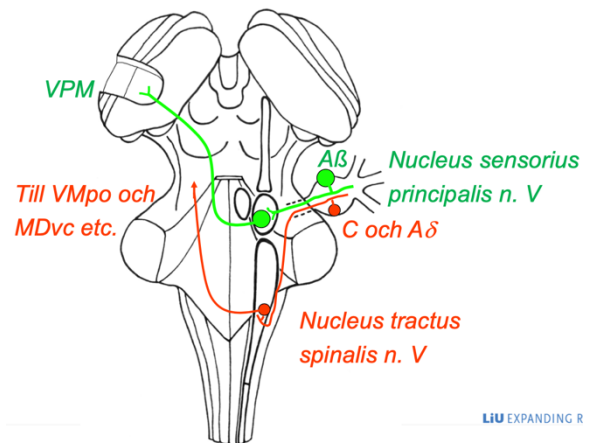
DEF. LATERALISERING

Hjärnhalvornas funktioner på det sättet att de i vissa avseenden har olika funktion eller den ena dominerar över den andra, vilket bland annat medför höger- eller vänsterhänthet. Kopplat till detta så är höger anteriora insula mer förknippat med negativa känslor.

TRIGEMINUSSYSTEMET

Detta system står för känsel och beröring i ansiktet och löper på liknande sätt, men genom andra kärnor. Nedanstående är båda banor

Det **röda** på bilden visar fortsättningen från de interoceptiva modaliteterna (C- och Aδ-fibrer). Dessa löper in i hjärnstammen (pons) via n. trigeminus och har sina cellkärnor i trigeminusgangliet (syns på bilden). De bildar en bunt av axoner som kallas för **tractus spinalis n. V**, som först löper ned i medulla oblongata där de terminerar i **nucleus tractus spinalis n. V**. Här kopplas de om till andra ordningens neuron som likt de andra från kroppen ÖVERKORSAR och sedan löper vidare till VMpo och MDvc osv.

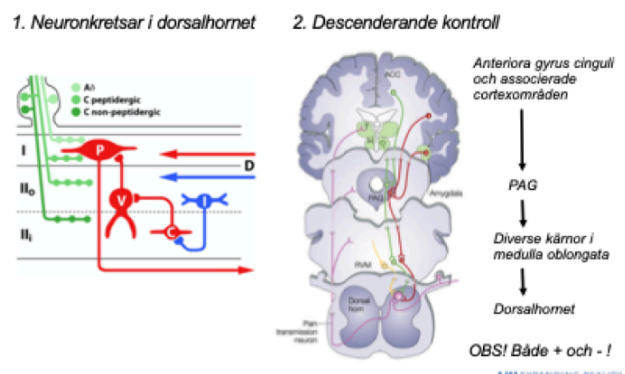


Det **gröna** på bilden visar fortsättningen av de exteroceptiva Aβ-fibrerna (beröringssinnet). Dessa löper också in i hjärnstammen (pons) via n. trigeminus och har sina cellkärnor i trigeminusgangliet (syns på bilden). Dessa axoner löper sedan vidare till nucleus sensorius principales n. V, vilket är motsvarigheten till baksträngarna. Efter omkoppling ÖVERKORSAR andra ordningens neuron till andra sidan och löper vidare till nucleus ventralis posteriomedialis (VPM) i thalamus, vilket i sin tur är motsvarigheten till VPL som övriga exteroceptiva signaler går till.

MODULERING AV SMÄRTSIGNALER

Ponera att man blivit skjuten i fält, just i situationen kommer inte så mycket smärta att upplevas då situationen fortfarande är farlig för en. Men när man väl tar sig till förbandsplatsen börjar det göra ont på riktigt. Detta beror på att vi har funktioner som kan blockera smärta. Dessa mekanismer ligger dels i bakhornet vars neuron kan **hämna projektionsneuronen**, direkt eller indirekt. På detta sätt minskas fortledningen av signaler UPP till hjärnan om smärta.

Vi har dessutom ett system som gör att vi kan kontrollera detta uppifrån och ned, och där med kontrollera flödet så att vi kan åstadkomma en hämning eller förstärkning av signaler. **Anteriora gyrus cinguli** och associerade cortexområden kommer att kontakta **PAG**, som ligger i Mesecephalon. PAG kommer att kontakta diverse kärnor i medulla oblongata som går ned till dorsalthornet och reglerar dess signaler.



Kontentan: vårt system har möjlighet att HÄMMA och STIMULERA smärtsignaler

NÅGRA VIKTIGA DEFINITIONER

Refererad smärta – Smärta från en plats, vanligtvis ett inre organ, upplevs som om den kommer från annan plats. Oftast från mer ytligt belägna strukturer. Detta beror på att smärtofibrerna från interna organ terminerar på samma ställen som smärtofibrer från huden (vilket oftare känner av smärta). Detta gör att kroppen kan feltolka och tro att det gör extra ont på huden.

Hyperalgesi – Stimuli som normalt är smärtsamt upplevs som mer smärtsamt än normalt. Detta förklaras genom sensitisering, att ett lika hårt nyp kan göra ondare i sensitiserat tillstånd.

Allodyni – Icke-smärtsamma stimuli (beröring, kyla) upplevs som smärta. Exempelvis om du blåser på armen och det gör ont.

Nociceptiv smärta – Smärta uppkommer efter aktivering av nociceptorer.

Neuropatisk smärta – Smärta initierad eller orsakad av en skada eller sjukdom i det somatosensoriska nervsystemet. Finns både perifer och central neuropatisk smärta.

HOMEOSTAS

Kroppen är beroende att bibehålla en konstant inre miljö under växlande förutsättningar, så som när vi rör på oss, äter eller om temperaturen förändras. För att detta skall fungera nyttjas perifera autonoma nervsystemet genom dess tre delar

- » **Motorisk** – utåtgående system där det är lätt att särskilja sympatiskt och parasympatiskt flöde.
- » **Sensoriskt** – informationen som går in. Svårt att definiera vad som är autonomt och inte. Handlar om kemo och tryckreceptorer men även signaler som gränsar mot interoception så som kyla och smärta
- » **Enteriska nervsystemet** – GI-nervsystem vars finmotorik/peristaltik styrs helt utan ANS, vars uppgift är att styra tempot.

ANS

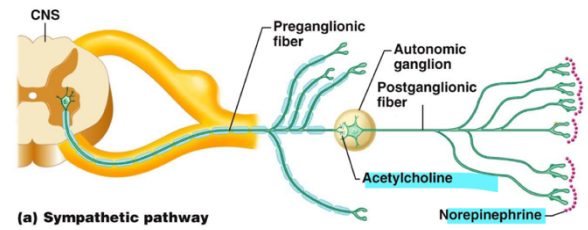
Läs i CREN

- Sympatiska nervsystemet
- Parasympatiska nervsystemet
- Binjuren – en specialgren av sympatiska nervsystemet

SYMPATIKUS + ADDERINGAR

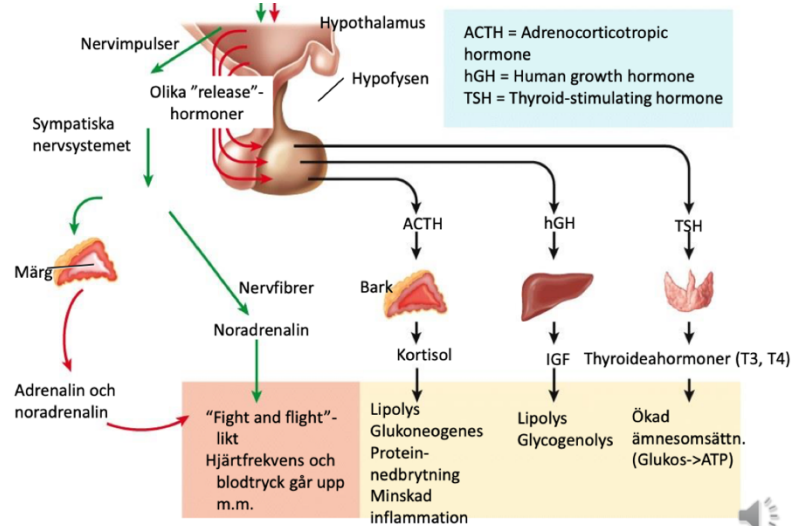
- ⇒ Preganglionära neuronerna utgår från T1 samt L2/L3
- ⇒ Omkopplar i Ganglie i sympatiska gränssträngen, **paravertebral ganglia** eller i nära anslutning till organ, **prevertebrala ganglia**. → närmare ryggmärgen än parasympatiska. INTE ALLTID, exempelvis svettkörtlar och binjuremärgen.
- ⇒ Nicotinergera receptorer i ganglierna. Tar emot **acetylkolin** som signalsubstans.
- ⇒ Postganglionära neuron försörjer organ
- ⇒ Huvudsakligen noradrenalin som via adrenoceptorerna utövar effekt.
- ⇒ kotransmittor: NPY → säkerställer att signal kommer fram både lång och kortsiktigt
- ⇒ Betydligt högre divergens

Stressorer i vår omgivning kommer att aktivera hypothalamus som i sin tur aktiverar det sympatiska nervsystemet direkt eller indirekt till IML i ryggmärgen. Preganglionära neuron ligger relativt lateralt och kan därmed på thorakalnivå kallas för lateralhorn. Lateralhornen kan dessutom kallas för IML kolumnen. Läs mer om det under *LAMINA 1-NEURONERNS PROJEKTIONER*.



Dessa neuron kommer att projicera ut genom ventralroten och är precis som de somatiska motorneuronen kollinerga (acetylcholin). Därefter synapsar de i para- eller pre-vertebrala ganglion och kan därefter synapsa på många olika ställen i kroppen. Sympatikus har alltså en kraftig divergens i systemet. Postganglionära fibrer är noradrenalinerga och ligger nära ryggmärgen vilket innebär att dess axon kan vara mycket långa.

Stressorer kan dessutom påverka hypothalamus att som inte har med ANS att göra. Bland annat:



- CRH från hypothalamus genom portasystemet → hypofysen bildar ACTH → binjurebarken som frisätter **kortisol** → Ökad lipolys, glukoneogenes
- GHRH går till somatotrofer i adenohypofysen → hypofysen bildar peptidhormonet GH → går till levern (bland annat) som via receptorkinaskopplade receptorer aktiverar transkribering av **IGF1** → lipolys, glykogenolys
- TRH går till hypofysen → utsöndrar TSH → tyroidea bildar **T3 och t4** → ökad ämnesomsättning

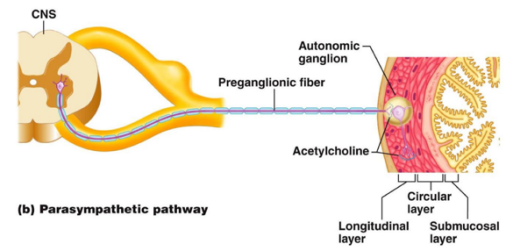
OBS! Finns specialgren vid binjuremärgen och svettkörtlar. Se CREN

PARASYMPATIKUS + ADDERINGAR

- ⇒ Preganglionära neuron från kranialnerv (III, VII, IX, X, förlängda märgen, medulla oblongata) samt S2-S4
- ⇒ Nervus Vagus är det **primära utflödet** för det parasympatiska nätverket; hjärta, lunga, magtarmkanal fram till duodenum och utgår från de **kraniala nerverna**
- ⇒ I sakrala delar ligger nervcellerna lateralt i den gråa substansen (ses på bilden nedan) och skickar ut sina preganglionära neuron → urogenitala samt upp till duodenum.
- ⇒ Omkopplar i ganglier nära organ, sker i autonoma plexas.
- ⇒ Nicotinergera receptorer i ganglierna. Tar emot **acetylcholin** som signalsubstans.
- ⇒ Postganglionära neuron försörjer organ.
- ⇒ Uteslutande acetylcholin och muscarinoreceptorer som utöver effekt

- ⇒ Kotransmittorer som bildas av neuronerna; kvävemonoxid och VIP → säkerställer att signal kommer fram både lång och kortsiktigt
- ⇒ Betydligt mindre DIVERGENS än sympatik

Tittar vi i detalj är Vagus nerven (CN X) den viktigaste för homeostas reglering. Nucleus dorsalis nervi vagi, som är den viktigaste kärnan för detta, ligger i **nedre medulla**. Stora delar av kroppen innerveras av detta område.



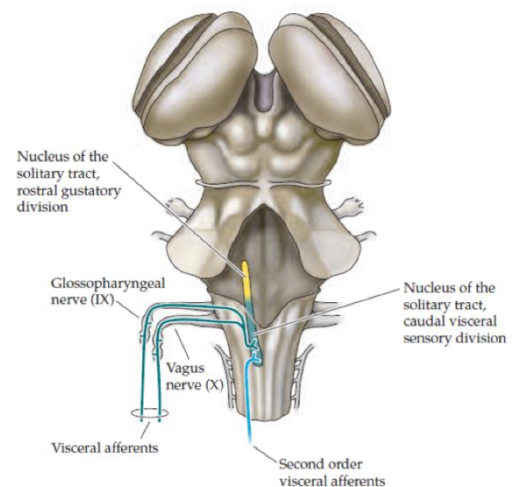
I **hjärnstammen** (pars Mesecephalon) hittar vi den parasympatiska oculomotoriska kärnan (Edinger-Westphal) som styr spottkörtlar och pupiller.

I den **sakrala delen** ligger neuronerna likartat som de sympatiska, dock kan man inte urskilja ett sidohorn, men de ligger lateralt i mitten på den grå substansen som skickar ut axoner via ventralroten, ut till ganglier som försörjer delar av GI.

VISCERAL SENSORIK

ANS står mycket för de utåtgående signalerna och nu ska vi titta på det inflöde. Från de inre organen så kommer framförallt glossopharyngeus (CN IX) och vagus (CN X). Dessa kommer att synapsa till **nucleus tractus solitarius** (samma som smaken). NTS kommer att bli motsvarigheten till bakhornet men för visceral information och är den första relästationen innan signalen går vidare in mot hjärnan.

Förutom via kranialnerverna till NTS har vi en del autonom sensorik, eller **interoceptiv sensorisk**, som går via vanliga primärafferenter i dorsalrosganglier. Dessa går från vanliga spinalnerv in till framförallt lamina 1 där en del knoppar av redan på hjärnstamsnivå som är viktigt för homeostatiska system. På hjärnstamsnivå finner vi PAG samt parabrachialis som kontrollerar sympatiska utflöden.



AUTONOMA REFLEXER

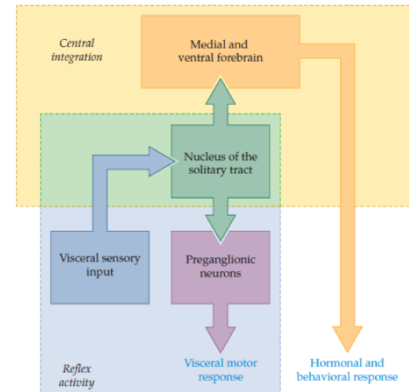
Den visceral sensoriken används för att utlösa reflexer, exempelvis förändra frekvens av andning eller hjärtslag. Exempel på detta är vi har lågt blodtryck --> baroreceptorer i carotis och arcus känner att trycket blir mindre --> sträck receptorer fyrar minder → minskad stimuli gör att celler i NTS känner detta. NTS reagerar genom att:

1. Hämma fyrning i vagusnerven --> som alltid har en viss broms på hjärtfrekvensen
2. Signaler vidare till sympatik --> aktiverar sympatiska motorneuron som ökar frekvens och kontraktilitet

CENTRAL AUTONOM REGLERING

Ibland krävs mer långsiktiga strategier än ovanstående exempelvis blodtrycksreglering. För att detta skall ske måste högre centran i hjärnan aktiveras för att få igång ett beteende exempelvis. Detta kan var att dricka mer vatten eller minska urinproduktionen för att återfå blodtrycket.

Efter att nedanstående strukturer eventuellt kopplats in kommer systemen kunna spela tillbaka till hjärnstammen för att aktivera sympatikus eller parasympatikus.



HYPOTHALAMUS

Hypotalamus är en liten struktur som ligger under thalamus som är viktigt för homoestasen genom dess förmåga att **integrera** autonoma svar och endokrin funktion med beteende.

- Hypotalamus är en del av diencephalon
- Avger hormoner via ett portådersystem till främre hypofysen → se vid sympatikus stressorer
- Producerar ADH → viktig för njurregleringen

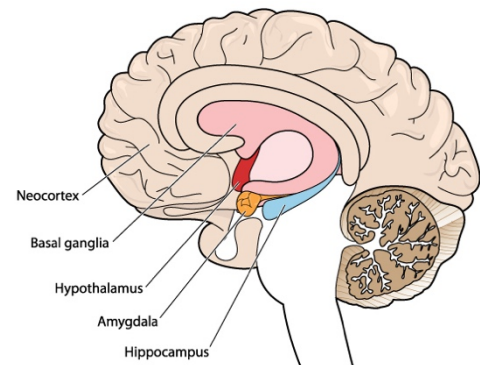
Hypotalamus nås av information från visceral sensorik men även från andra delar av hjärnan. Detta har ett syfte i att ANS ska kunna dra igång ett svar redan INNAN något har hänt med vår kropp. Exempelvis, om någon riktar en pistol mot oss kommer den skrämmande stimuli som vi nås av via cortex och amygdala, att sätta igång sympatikus som gör oss redo att fly, innan vi ens blivit skjutna. **Detta innebär att information om fara kan komma både uppifrån (cortex) och nedifrån (ryggmärgen)**

- » Finns många viktiga komponenter i hypotalamus som styr dygnsrytm, temperatur, vätskebalans etcetc

AMYGDALA

Krävs ännu högre strukturer kopplats amygdala in. Amygdala är en bilateral struktur i hjärnan som utgör en del av limbiska systemet, belägen djupt i hjärnan, nära mediala tinningloben. Amygdala tros ha en viktig funktion i hjärnans emotionella nätverk och spelar stor roll vid uppkomsten av såväl negativa som positiva känslor. Viktigt att särskilja att detta är faror vi medvetet förstår och inter interoceptiva faror.

Amygdala tar även emot fibrer från **nucleus parabrachialis** (relästation från interoceptiva systemet) som tar emot information om visceroreceptiva ting.



- » Amygdala har även en betingelsefunktion → när vi exempelvis äter något och sedan börjar spy efteråt, kommer vi att associera den smaken med illamående och längre inte uppskatta den smaken lika mycket.

Amygdala synapsar mot:

- » **Hypotalamus** som drar igång ett autonomiskt svar men även hormonellt
- » **PAG** (grå materia kring cerebrala aqueduct i mesencephalons tegmentum) som ger oss en beteende reaktion
- » **Cerebrala cortex** gör att vi får en emotionell respons

INSULA

Ytterligare ett steg upp i hierarkin hittar vi insula (cortex). Signalerna hit kan gå från amygdala eller direkt genom spinothalamicus som går via NTS. Om vi får information av interoceptiv karaktär, så som temperatur och smärta, kommer den primära interoceptiva cortex vara av vikt

⇒ **Insulas funktion är att medvetandegöra (tolka och förstå) oss om interoceptionen.**

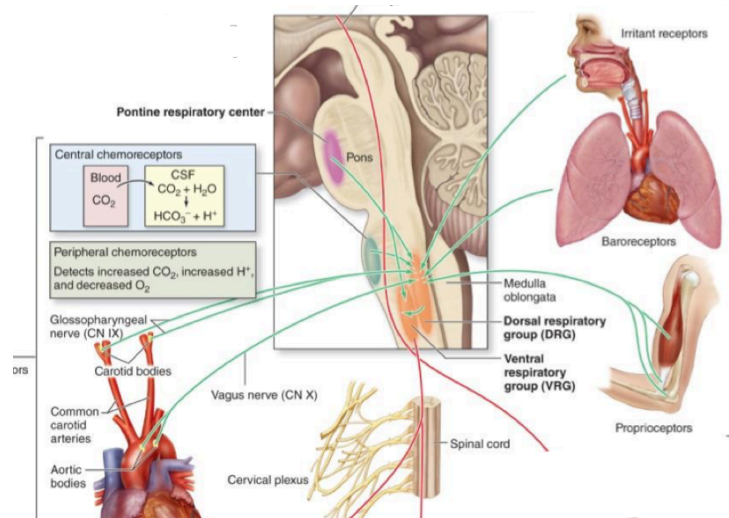
ANDNINGENS REGLERING

Andningen regleras primärt utifrån två olika kemoreceptorer:

Hjärtats kemoreceptorer (mer står i CREN) som finns belagda i carotis och aortabågen. Genom att detektera höga nivåer koldioxid, eller pH, kommer information gå från **glossopharyngeus** och **vagus nerven** till **nucleus tractus solitarius** (involverad vid autonoma reflexer) som ligger dorsalt i medulla oblongata.

Hjärnans kemoreceptorer som finns i medulla oblongata som reagerar på förändringar av pCO₂ i cerebrospinalvätskan. På grund av blod-hjärnbarriären, där vätejoner (H⁺) inte kan passera, är de centrala kemoreceptorerna INTE direkt känsliga för förändringar av vätejonkoncentrationen eller pH. Dock kan

koldioxid passera blod-hjärnbarriären. Eftersom det finns ett samband mellan pH och pCO₂, kan man säga att de centrala kemoreceptorerna är känsliga för pCO₂ i arteriellt blod.



Systemet kan behöva reagera på annat som inte är av kemisk karaktär

- ⇒ **Irritanter** som kittlar i munnen → hostar
- ⇒ **Sträckreceptorer** i lungan
- ⇒ **Proprioceptiva signaler** från sträckreflexer och golgi som har funktion när vi börjar exempelvis springa. Systemet kan använda denna information för att förstå att vi behöver andas mycket.

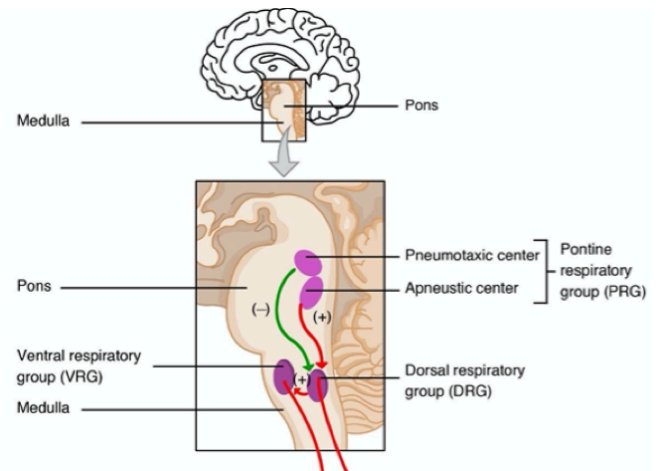
HIERARKISK VISUALISERING

Cortex och framhjärna – vår vilja, t.ex. tal eller en emotion genom att vi blir exempelvis rädda kan dessa strukturer elda på hjärnstammen

Pons – innehåller Pontine respiratory group (PRG) som är ett modulerande system som reglerar rytm och djup av inandning

Medulla oblongata

- » **Dorsala respiratoriska gruppen (DRG)** – Tar emot afferent information från kemoreceptorer och står för basal rytm av in- och utandning. Kolumnen är en del av Nucleus tractus solitarius.
- » **Ventrala respiratoriska gruppen (VRG)** – Hjälper det dorsala centrumet och har betydelse för utandningen vid anstränging.



Medulla spinalis/ryggmärgen – Informationen fås från medulla oblongata som synapsar mot motorneuron som ligger i ventralhornen i C3-C5 nivå som försörjer diafragman.

VÄTSKEBALANSENS REGLERING

Vätskebalansen handlar inte bara om vätskan utan även om elektrolyter. Vid dehydrering arbetar ett två delat system. Förutom det **homeostatiska systemet** har vi ett **prediktivt system** som känner av ATT vi dricker innan vätskan faktiskt gett effekt. Vid dehydrering kommer blodet vara mer koncentrerad vilket innebär en **ökad osmolalitet**. Dessutom kan dehydrering innebära en **minskad blodvolym** innebär ett minskat blodtryck som detekteras av baroreceptorer, men framförallt genom att angiotensin II kommer att bildas.



- » Angiotensin II är ett hormon som kommer att aktiveras vid Renin frisättning i njuren. Renin kommer att frisättas när GRF eller natriumkoncentrationen i tubuli går ned, vilket uppfattas av Macula densa (Läs mer i CREN).

En riktlinje för vätskebalansens reglering är att nämns dehydrering och svettning är de ofta ute efter ett svar involverande osmoreceptorer. Handlar frågan däremot om blodtryck och låg blodvolym brukar svaret se eftersöker rikta sig mer mot njurens reglering.

TÖRST

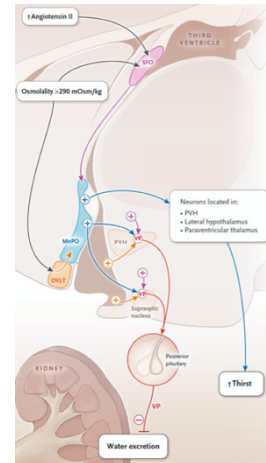
Signalerna om ovanstående kommer att uppfattas i hjärnan som saknar normal blodhjärnbarriär, ett så kallat circumventrikulärt organ. Detta innefattar det **subfornikalaorganet (SFO)** i nära anslutning till tredje ventrikeln samt till **organum vasculosum i lamina terminalis (OVL)**. SFO kommer dessutom kunna uppfatta angiotensin nivåer i blodet.

Informationen går vidare till den **mediana preoptiska kärnan (MnPO)** som ligger i främre hypotalamus.

⇒ Leder till ökad törst.

OBS! finns andra faktorer så som torrhet i mun, salt smak eller matintag som också kan trigga törst.

» Angiotensin II stimulerar saltaptiten samt utsöndrar aldosteron som detekteras av NTS och SFO.



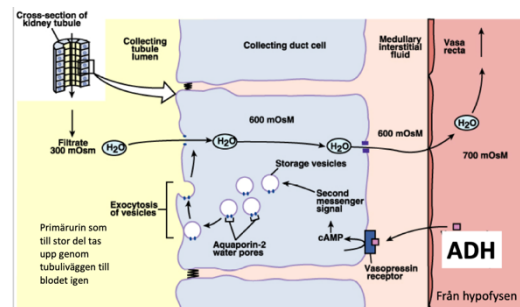
SALTAPTIT

Om vi faller i blodtryck vill vi få upp både salt OCH vätskehalten. Även här kommer angiotensin II ha en viktig funktion i SFO för att stimulera saltaptiten. Dessutom kommer aldosteron att detekteras i NTS. Båda områdena kommer att skicka projektioner till framhjärnestrukturer, **bed nucleus of the stria terminalis (BNST)**

NJURENS FUNKTION

Angiotensin II, tillsammans med osmo- och baroreceptorer har den funktionen att stimulera hypotalamus att utsöndra **antidiuretiskt hormon ADH**, som kortsiktigt leder till konstriktion av arterioler och långsiktigt till minskad urinproduktion (läs mer i CREN). Hur då? Lite kort kommer ADH se till att MER primärurin reabsorberas till blodet för att ÖKA blodvolymen.

» ADH kommer att binda till en receptor i tubuli som leder till att fler aquaporin 2 (apikalt) aktiveras på tubuli endotelet → verkar **antidiuretiskt**.



KONTENTAN

Ovanstående leder till ökad hjärtfrekvens, ökat blodtryck och diuresen går ned. Natriures går upp eller ned beroende på om det är en dehydrering eller lågt blodtryck vi försöker att reglera. Är vi dehydrerande kommer vi att försöka bibehålla mycket salt i kroppen också.

TERMOREGLERING

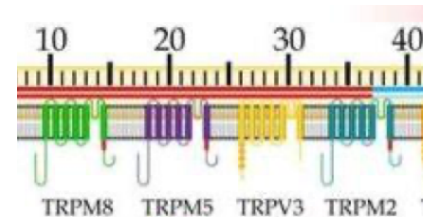
Människan är en jämnvarm organism vilket innebär att vi håller en väldigt konstant, djup, temperatur kring 37 grader. Kan dock variera mellan individer, tidpunkt på dygn och aktivitet. Med hjälp av återkoppling från kroppen kommer vi kunna ligga inom ett spann.

⇒ Vår termoneutrala zon är där vi utan kläder inte behöver våra termoreglerande system aktiva, vilket är vi 28 grader.

INFLÖDE FÖR REGLERING

Temperatursensorer som finns i hud och i djupvävnad med primärafferenter som har sina nervcellskroppar lamina 1 i dorsalrotsgangliet. Därbland är det framförallt TRP-kanalerna **TRPM8** som uppfattar kyla, och **TRPM2** som uppfattar värme. Observera att väldigt höga temperaturer inte är så relevanta att uppfatta i detta syfte.

Warm-sensitive neurons i preoptiska kärnan i hypotalamus (MnPO). Dessa celler har inte afferenter ute i vävnaden utan har kanaler på sina egna membran för att känna av hjärnans temperatur. Dessa celler kommer nås av information från temperatursensorerna indirekt. Här är framförallt **TRPM2** viktig.



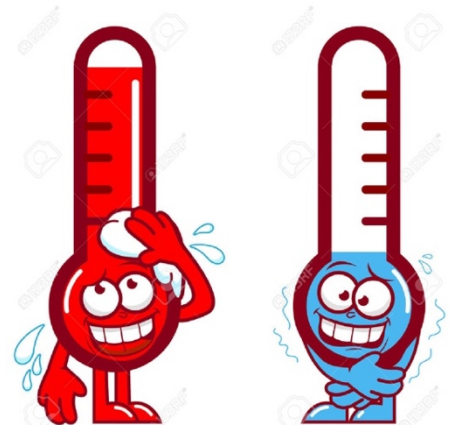
OUTPUT VID TERMOREGLERING

Den viktigaste outputen som vi kan kontrollera är hur mycket värme vi förlorar via **ledning**, dvs det vi förlorar vid kontakt, men också via **strålning**. Detta gör vi framförallt genom att kontrollera hur mycket blod vi har i vår hud → vasokonstriktion och vasodilatation. Vi blir dessutom värme/köld sökande.

För att svalna kan vi även börja **svettas** där avdunstningen kyler ned oss.

Dessutom kan vi producera värme:

- ⇒ **Basalmetabolism** – kemiska reaktioner som bildar värme. Kan dock vi inte kontrollera.
- ⇒ **Ickehuttrande (non-shivering)** – även så kallat themogenes, beror på special designad fettvävnad, brun eller beige, som hjälper till att generera värme genom uncoupling proteins. Dessa proteiner verkar på mitokondrien och dess protongradient → öppnar för protonerna utan att det leder till att ATP bildas. Dvs inget vettigt bildas, utan bara värme
- ⇒ **Shivering** – genom aktivitet från vanliga motorneuron (se nedan). Detta system är mycket kostsamt av energi och är en mekanism som tas till i senare stadier.



HÖJA KROPPTEMPERATUREN

1. Temperatursensorer ute i perifera vävnaden känner av för låg temperatur genom TRM8 kanaler
2. Signalen leds upp till dorsalrotsgangliet och synapsar i lamina 1.
3. Därefter fortleds signalen via Tractus spinothalamicus upp till thalamus
4. På vägen avger några förgrening från hjärnstammen som reglerar reflexsvar men även **nucleus parabrachialis**.



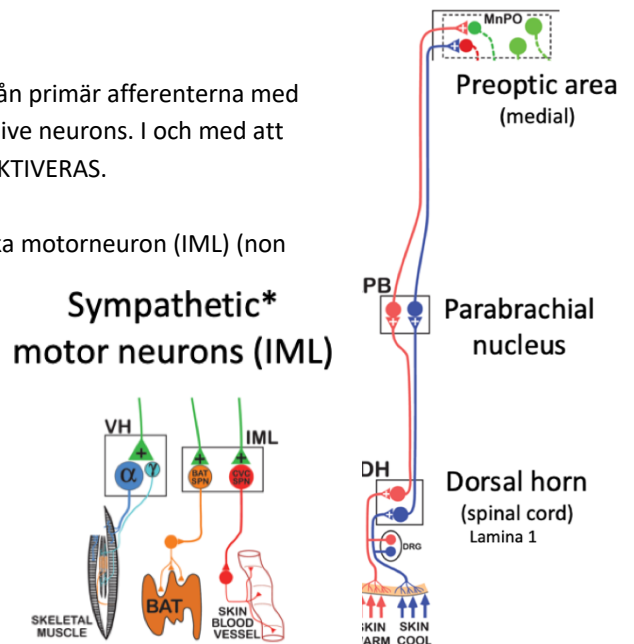
- Från nucleus parabrachialis kommer HÄMMANDE signaler på de **preoptiska neuronerna** i hypothalamus som kommer ha en starkt HÄMMANDE effekt på det termogena systemet (raphe-pallidus), då vi i normala fall inte behöver producera värme.

- Preoptiska arean kommer att interagera information från primär afferenterna med informationen den mottar direkt från dess warm-sensitive neurons. I och med att preoptiska är avaktiverat kommer **Raphe pallidus** att AKTIVERAS.

- Raphe Pallidus har en stimulerande effekt på sympatiska motorneuron (IML) (non shivering) samt på vanliga alfa och gammamotorneuron (shivering)

- Sympatiska motorneuron står under kontroll av sympatiska premotorneuron som ligger i raphe pallidus. Under basala betingelser, dvs termo neutralitet, så är systemet ganska tyst oftast.

- Resultatet blir vasokonstriktion av kärl i hud samt aktiv termogenes



SÄNKA KROPPSTEMPERATUREN

Vid för hög kroppstemperatur har vi samma organisation som vid för hög temperatur vilket gör att vi släpper den basala vasokonstriktionen i huden, som dock endast har låg kapacitet i syftet att höja kroppstemperaturen. I denna situation kommer TRPM2 kanalerna att aktiveras, STIMULERANDE signaler på preoptiska neuron och därmed ÖKAD hämning på Raphe Pallidus och där med INGEN aktivering av sympaticus och termogenes.

Men desto viktigare för att sänka kroppstemperaturen är aktivering av en sub-del av **sympaticus** som driver vasodilatation och svettning. Kan tyckas konstigt att det är sympatikus igen men detta är en specialgren som har gemensam karaktäristika med parasympatikus.

- » **Vasodilatation** sker genom signalering av kolinerga postganglionära fibrer, dvs inte noradrenalin som vanliga sympatikus. I vanliga fall är det acetylcholin som medieras vid kolinerga fibrer, Dock är det oklart vilken transmittorsubstans som gäller här. Detta system har mycket **hög kapacitet**.
- » **Svettning** medieras genom kolinerga fibrer som är beroende av acetylcholin.



MOTORISKA SYSTEM

I hjärnan kommer en tanke kunna omsättas i till en rörelse, och nedan följer ett generellt händelseförlopp (utan cerebellum och basala ganglier):

Frontala delar av hjärnbarken (t.ex. prefrontalcortex) är viktiga för att planera en rörelse. Härifrån skickas impulser till premotorområdet som premotorarean (PMA), supplementära motorarean (SMA) och posteriora

parietalcortex. Här omsätts den planerade handlingen till ett rörelseprogram. Cellerna på denna nivå kodar inte direkt för kontraktion av en viss del av en muskel, utan kan istället aktiveras innan en rörelse oavsett vilken hand som utför den eller vem som utför rörelsen (spegelneuron). Dessa områden skickar vidare informationen till primära motorcortex som i sin tur direkt kontaktar motorneuron i ryggmärgens laterala framhorn, via den laterala corticospinala banan. Denna bana är korsad och står för den finmotoriska delen av rörelsen. Premotorområdet och primära motorcortex kontaktar även nervceller i exempelvis den retikulära formationen i hjärnstammen, vilka i sin tur projicerar till ryggmärgens mediala framhorn (i detta fall via den reticulospinala banan. Denna bana ser exempelvis till att man inte ramlar omkull på grund av tyngdpunktsförändring. Denna bana styr således grovmotorik, framförallt i proximal muskulatur (djupa ryggmuskler).

CORTIKOSPINALA BANOR

Dessa banor kan antingen vara direkta eller indirekta. De direkta sköter finmotorik (förutom en) och löper kontralateralt till de laterala delarna av framhornet. De indirekta banorna sköter grovmotorik (förutom en) och löper bilateralt (till båda sidor) till de mediala delarna av framhornet. Jo mer axelnära neuronerna är, desto mer styrka och mindre finmotorik styr dem,

SUBCORTIKALA BANOR

Från hjärnstammen löper ett nervbanor ned till olika motorneuron i ryggmärgen, vilket är anledningen till att de kallas för subcortikala motorbanor. Dessa banor ansvarar i huvudsak för postural kontroll (nervsystemets förmåga att reglera kroppens orientering och stabilitet) och medrörelser (kompensterande rörelser). Från hjärnstammen utgår fyra olika banor, vilka är de **indirekta banorna** eftersom signalerna INTE går direkt från primära motorcortex till motorneuron:

Tectospinala/colliculospinala banan

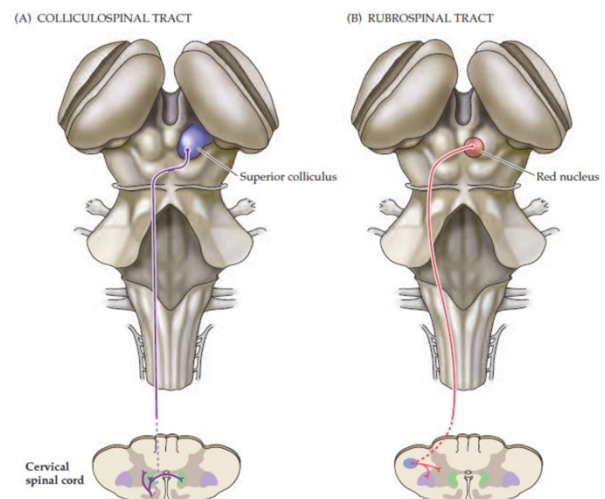
Förlopp: Får inflöde av synintryck och utgår från nucleus colliculus superior, dorsalt på mesencephalon, och överkorsar direkt i hjärnstammen. Kontaktar motorneuron i den mediala delen av framhornet på **båda sidor**, vilka står för grovmotorik i bland annat de djupa ryggmuskulerna.

Funktion: Kroppslig orientering i förhållande till obearbetad syn-stimuli.

Rubrospinala banan

Förlopp: Utgår från nucleus ruber i mesencephalon, överkorsar och löper sedan till laterala motorneuron i framhornet.

Funktion: Styr motorneuron kopplade till finmotorik i övre extremiteter och är en back-up bana ifall laterala corticospinala banan skulle gå sönder.



Vestibulospinala banan

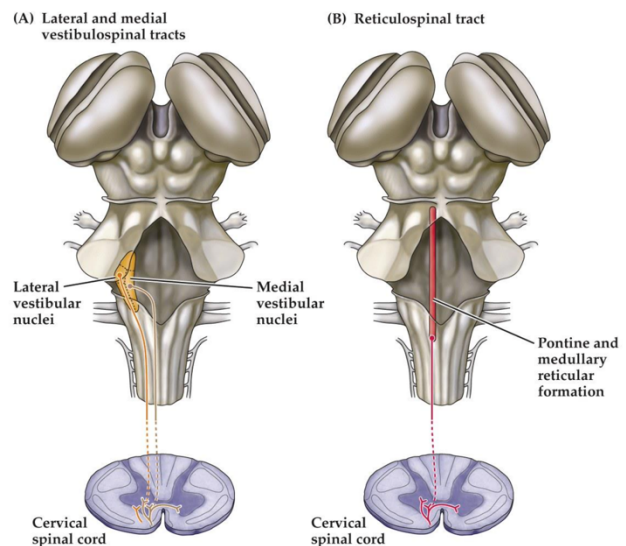
Förlopp: Får inflöde av balans och utgår från nucleus vestibularis medialis respektive lateralis. Löper sedan ipsilateralt ned och kontakter mediala motorneuron i framhornet på **båda sidor**.

Funktion: Har samma funktion som den tectospinala banan, bara att denna bana använder sig av balansintryck för att styra de djupa ryggmuskulerna samt stabilisera kroppen.

Reticulospinala banan

Förlopp: Utgår från den retikulära formationen i hjärnstammen och löper sedan ned och kontakter mediala motorneuron i framhornet på **båda sidor**.

Funktion: Styr grovmotorik av de djupa ryggmuskulerna, hållning samt även medrörelser, vilket är stabiliserande och kompenserande rörelser vid utförande av specifik rörelse. Exempelvis som du tänker att du ska sträcka dina armar så långt framåt det bara går, så kommer muskler i både ryggen och benen aktiveras för att förhindra att du tippar framåt.

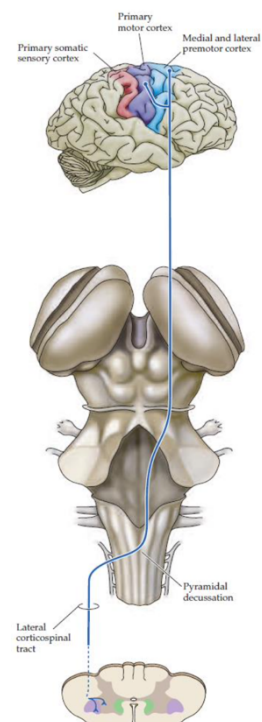


LATERALA CORTIKOSPINALA BANAN

Den **direkta banan** går direkt från primära motorcortex till spinala motorneuron och kallas för den **laterala cortikospinala banan**. Denna bana är ensam i att sända de signaler som sköter finmotoriken i kroppen och kallas även för pyramidbanorna. Banan löper igenom först igenom capsula interna, sedan pyramiderna (i hjärnstammen) där de även ÖVERKORSAR och fortsätter sedan ned till de laterala motorneuronen i framhornet. Eftersom dessa banor överkorsar löper dessa banor kontralateralt.

- » Finns även den anteriora cortikospinala banan, men vilken enbart innerverar grovmotoriska rörelser.

Banan går i främre delar av tegmentum som kallas pedunculus cerebri.



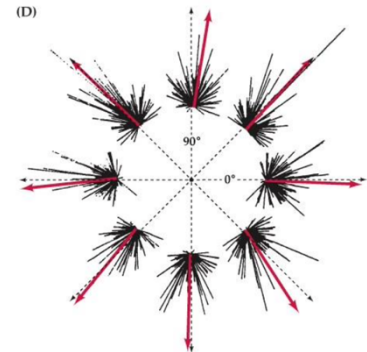
PRIMÄRA MOTORCORTEX

Primära motorcortex kallas även för **M1** och hittas i **gyrus precentralis** (även kallat area 4) i **frontalloben**. Likt andra centrum är även M1 somatotopiskt organiserat, där olika delar av kroppen styrs av olika områden i M1. Härifrån skickas signaler till den största delen av all viljestyrd motorik, där en hel del löper genom den laterala cortikospinala banan som urspringer här. I denna bana löper CM-celler (cortikomotoneuronala celler), vilket är stora celler som löper direkt från primära motorcortex till motorneuronen i ryggmärgen.

- » Primära motorcortex är den del av hjärnan som sänder signaler ut i kroppen kopplat till rörelse, men är INTE någon tänkare! Detta sköts av högre motorcortex.

HUR KODAS EN RÖRELSE?

En rörelse kodas av aktivitet i en hel population neuroner i primära motorcortex, där varje enskild cell kommer att fyra olika beroende på den riktning en rörelse görs i. Alla celler har en "favoritrörelse", i vilken cellen kommer fyra aktionspotentialer med högst frekvens. Motsatt riktning till detta leder till absolut ingen fyrning. Läger man ihop mängdtalet av celler från M1 och sammanställer deras favoritriktning får man fram en bild likt den till höger. Alla nervceller kommer att fyra olika starkt beroende på hur nära den utförande rörelsen är deras "favoritrörelse".

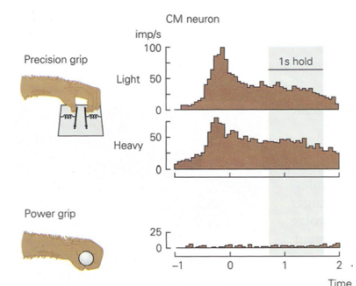


- » Svarta streck motsvarar olika celler, och längden på strecken motsvarar hur mycket cellen fyrar.

Sammanställer man samtliga celler och deras fyrningar vid olika rörelser får man fram de röda vektorerna, vilka motsvarar olika riktningar väldigt bra. **OBS! Ett neuron i M1 kodar inte för aktivitet i en viss muskel eller av en viss rörelse, utan en viss rörelse i en muskel åstadkoms av aktivitet i en hel population av neuroner.**

FUNKTIONELL SPECIFICITET

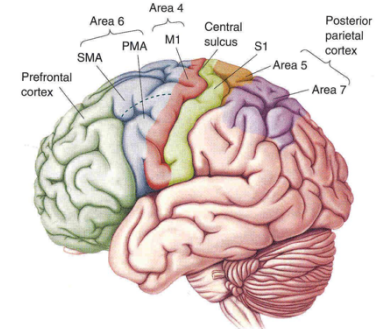
Många celler i M1 har en viss funktionell specificitet, vilket innebär att de är aktiva vid vissa rörelser (såsom precisionsgrepp) men inte vid andra (såsom kraftgrepp). Detta innebär att celler i M1 skiljer sig från de i ryggmärgen, där fler och fler motorneuron kopplas in vid behov av mer kraft. I M1 börjar de specificerade cellerna istället att fyra starkare.



HÖGRE MOTORCORTEX

Till det högre motorcortex hör:

- » Premotorarean (PMA) – externa loopen, intryck du inte planerat. Abstrakt, kommer att fyra innan du ens belyst vilken hand som skall utöva rörelsen.
- » Supplementära motorarean (SMA) – interna loopen, en inövad tennisservice exempelvis
- » Posteriora parietalcortex



Dessa delar av hjärnan står för själva **initieringen av rörelse**, vilket innebär att de kan sätta ihop flera komponenter till en mer komplicerad rörelse. De kan även **organisera och planera komplexa rörelser** samt **kontrollera visuellt styrda rörelser**, då M1 enskilt inte har något inflöde från syncortex. Sammanfattningsvis är att de specifika programmen för komplexa

rörelser signaleras till M1 från högre motorcortex. Dessa delar är mer avancerade än M1, men tänker eller planerar fortfarande inte.

I M1 kommer cellerna att fyra precis INNAN en rörelse utförs, eftersom själva fyrningen åstadkommer de signaler som löper ned till respektive muskel. Detta är inte alltid fallet i de högre motorcortexen, där cellerna istället exempelvis kan fyra...

- » då man tänker på en rörelse, men nödvändigtvis inte behöver göra den. Görs av celler i PMA.
- » innan en visuellt styrd rörelse, om man exempelvis ska greppa tag i något. Görs också i PMA.
- » vid en specifik rörelse oavsett vem som utför den. Kallas spegelneuroner och görs i PMA.
- » innan utförandet av en inlärd rörelsessekvens, då själva rörelseprogrammet hämtas från denna del. Görs i SMA.

SPEGELNEURON

Aktiva vid en specifik rörelse oavsett vem som utför den, vilket innebär att dessa celler kommer att fyra på liknande sätt både hos den personen som utför rörelsen samt hos den som kollar på.

PREFRONTALCORTEX

Hittas längst fram på frontalloberna och är viktig för kort respektive långtidsplaneringen av vad som ska göras. I detta cortex framkommer **TANKEN** om vad som ska göras, vilket signalerar till premotorcortex som sammanställer ett rörelseprogram som uppfyller tankens behov. Detta signaleras sedan vidare till primära motorcortex som sänder ut signaler till de muskler det rör (via direkta eller indirekta banor), vilka utför den **TÄNKTA** rörelsen.

Prefrontalcortex innehåller celler som är aktiva från det att ett stimuli ges, till dess att svaret är utfört ÄVEN om stimuli tas bort innan svaret utförts. Detta innebär att cellerna i prefrontalcortex fortsatt är aktiva och fyrar till dess att **tanken blivit verklighet**. Detta är ett tecken på korttidsplanering.

- » Ett exempel på detta är en apa som ser mat på en av två tallrikar. Tallrikarna täcks för och en gardin dras framför apan (tallrikar utom synhåll). När gardinen sedan dras upp igenom kan apan välja den tallriken med mat på, trots att den är täckt = korttidsplanering!

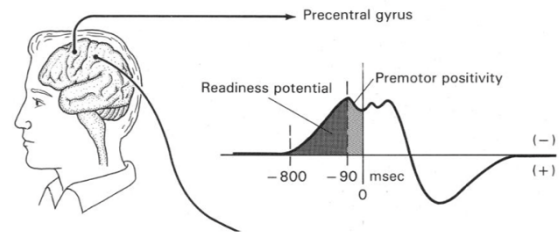
Prefrontalcortex är även viktig för långtidsplanering och moral, vilket får oss att exempelvis inte ta den sista kakan som tillhör någon annan (omoraliskt). Skulle vi göra detta, så skulle personen i fråga sprida till omgivningen att jag inte är en trevlig typ. Detta är ju inte bra på sikt (långtidsplanering).

RELATION MELLAN MEDVETEN VILJA OCH HANDLING/RÖRELSE

Ibland får primära motorcortex signaler som inte passerat genom medvetandet, vilket leder till omedveten handling.

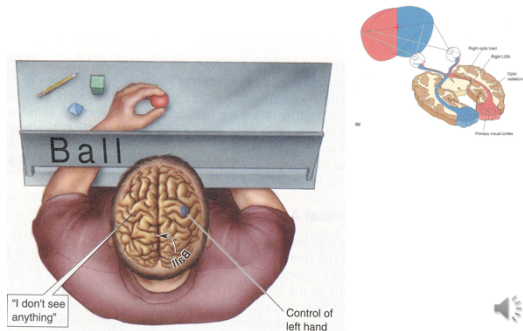
READYNESS POTENTIALS

Detta kan detekteras i premotorcortex och har visat att man 0.7 sekunder innan en person tar beslutet om att göra något, med 80% säkerhet, kan förutspå om personen kommer att göra det.



SPLIT-BRAIN (KURIOSA)

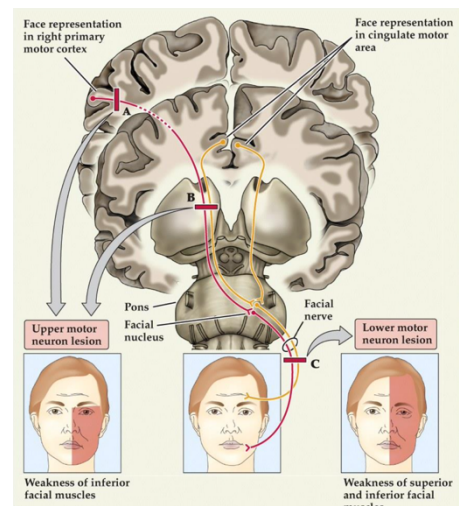
Split-brain innebär att en person har sin corpus callosum kluven i hälften, vilket tar bort förbindelsen och kommunikationen mellan de två hemisfärerna. Detta gör att en person som i vänster synfält ser ordet "boll" blinka till, inte är kapabel att säga vilket ord som stod på skärmen (språkcentra ligger i vänster hemisfär) men är kapabel att med vänster hand ta det föremål som ordet beskrev.



ANSIKTET

Innervationen av ansiktet sköts på liknande sätt som övriga kroppen. Signaler skickas från primära motorcortex till nucleus facialis (motsvarighet till ryggmärgens framhorn) där det sker en omkoppling till n. facialis som löper ut till ansiktets nedre del.

Övre delen av ansiktet får också inervation från nucleus facialis och via n. facialis, men där signalerna innan detta istället kommer från BÅDA sidors primära motorcortex. Detta innebär att en perifer skada kommer leda till bortfall av mimik i hela den ena sidan, medan en central skada enast skulle leda till bortfall på den nedre delen. Detta på grund av att den banan är kontralateral, medan den andra är bilateral.

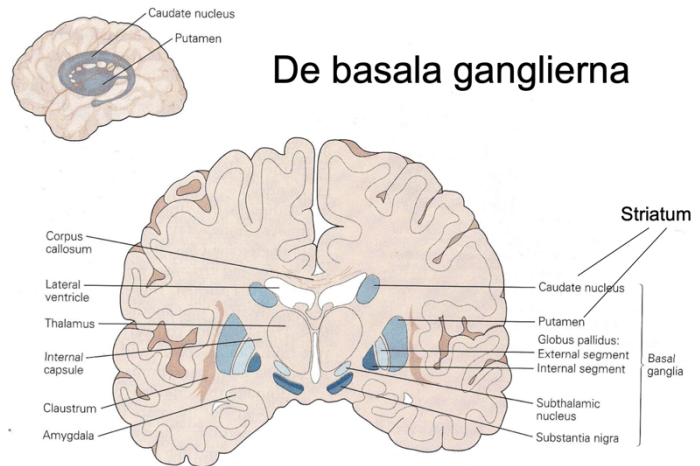


- » Fun fact: Vissa mimikmuskler kan inte styras viljemässigt, utan kan bara aktiveras vid "ett äkta leende".

DE BASALA GANGLIERNA

Ligger basalt i hjärnan och är kärnor, trots att de heter ganglier (på grund av felbenämning en gång i tiden). Till dessa hör **nucleus caudatus** och **putamen**, som tillsammans kallas för **striatum**. Även **globus pallidus externa/interna**, **substantia nigra** och **nucleus subthalamicus** räknas till de basala ganglierna.

De basala ganglierna är viktiga för **filtration** av initierade rörelser, vilket således kontrollerar vilka rörelser som blir av. De är även viktiga för **jämnhet** och **hastighet** hos rörelser, samt **rörelseinlärning** såsom att lära sig cykla.



CORTICOCORTIKAL KRETS

De basala ganglierna är inblandade i en corticocortikal krets, från cortex till cortex, som kan delas in i två olika vägar. Detta system finns för att endast en rörelse ska släppas igenom filtret, medan närliggande konkurrerande rörelser hämmas.

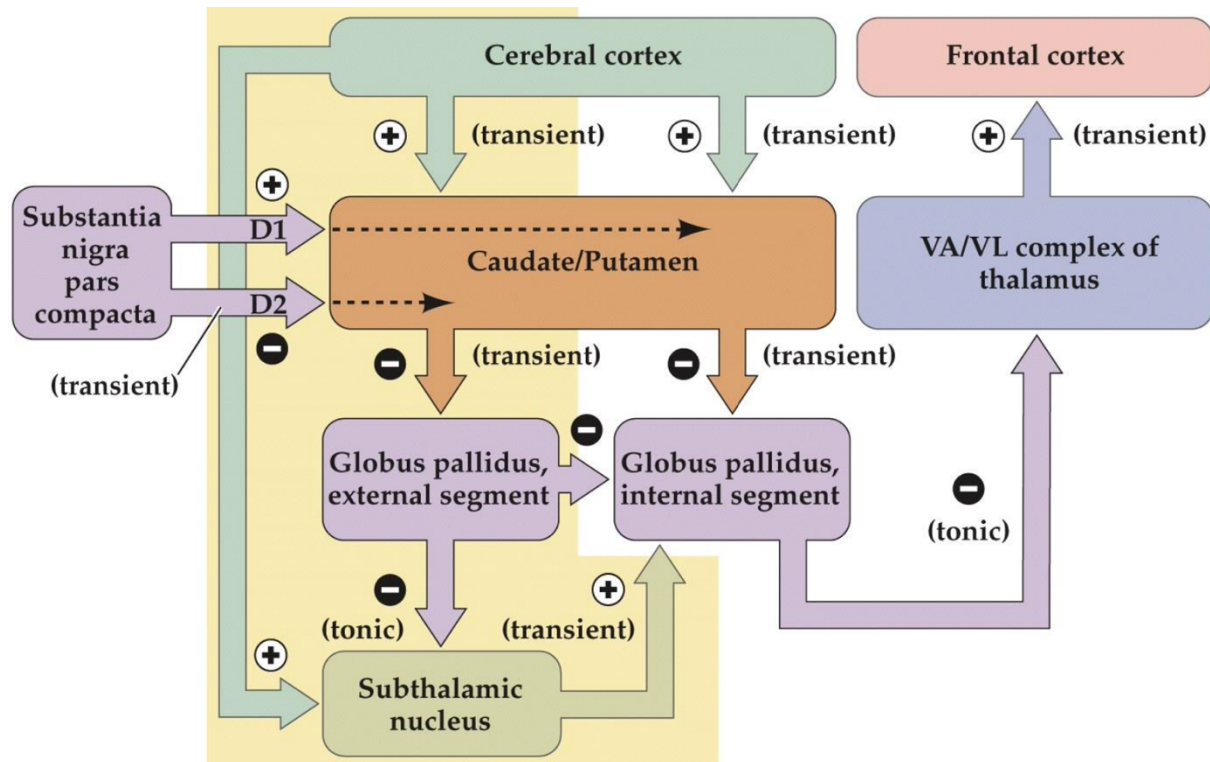
DIREKTA VÄGEN

Den direkta vägen ÖKAR rörlighet!

Globus pallidus är under **basala omständigheter tämligen aktiv** kommer ligga på med en **tonisk broms** på thalamus så att motorcortex inte fyras. Därför kommer inte barken skicka igenom så många rörelse. Få rörelser tar sig igenom filtret!

I aktivt tillstånd kommer cortex att skicka exciterande signaler till **Striatum** (caudate/putamen), som gör att striatum att aktiveras och därigenom hämmar globus pallidus interna som då blir mindre aktiv. Bromsen mot thalamus släpper en aning, vilket gör att exciterande signaler kan skickas tillbaka till cortex.

Substantia nigra har en moduleringsmöjlighet och kan utsöndra **dopamin** till striatum, där striatala celler i den direkta vägen har dopamin D1-receptorer, vilka är G-protein kopplade receptorer med **aktiverande** funktion. Vid ökat inflöde av dopamin från substantia nigra förstärks aktiveringen av striatum, vilket leder till en mindre aktiv globus pallidus interna → **ökad rörlighet**.



INDIREKTA VÄGEN

Den indirekta vägen MINSKAR rörlighet!

Om cortex aktiveras till den indirekta vägen så den verkar på globus pallidus **externa** genom en **hämning**, kommer hämningen på **interna** att försvinna. Därmed fortsätter Pallidus interna att hämma thalamus och inga rörelser sker.

Pallidus **externa** kan också hämmas så att den toniska hämningen på subthalamiska kärnan försvinner, så kommer den att ha en exciterande effekt på interna som då har en **ÖKAD** kraft att hämma thalamus.

De striatala cellerna i den indirekta vägen har dopamin D2-receptorer, vilka vid ökat inflöde av dopamin hämmar den hämmande signalerna till globus pallidus externa. Detta leder till att globus pallidus interna hämmas, vilket i sin tur leder till ökad rörlighet ÄVEN i den indirekta vägen. Dopaminsignalering aktiveras således cortex via båda vägar.

PARKINSON'S DISEASE - KURIOSA

Substantia nigra börjar tillbakabildas, vilket leder till mindre dopaminfrisättning till striatum. Detta leder till att den direkta vägen aktiveras mindre och den indirekta vägen hämmas mer. Globus pallidus interna blir mer aktiv i båda fall, vilken i vila redan är ganska aktiv och drar åt filtret. Det blir således svårt för en rörelse att ta sig igenom filtret och är anledningen till varför Parkinson's patienter har väldigt svårt med rörelser.

HUNTINGTON'S DISEASE

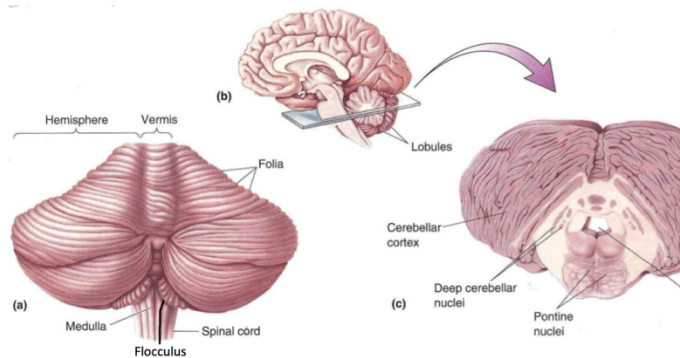
Denna sjukdom är genetisk och kan leda till död redan som ung. Indirekta vägens striala celler dör, vilket gör att globus pallidus externa får minskad inhibition. Detta leder i sin tur till att globus pallidus generellt inaktiveras mer än den ska, vilket gör att för många rörelser släpps igenom. Huntington's patienter kan få spontanrörelser.

CEREBELLUM

Lillhjärnan (cerebellum) är rent evolutionärt sett en väldigt ny struktur som jobbar med de laterala corticospinala banorna, vilka sysslar med finmotorik.

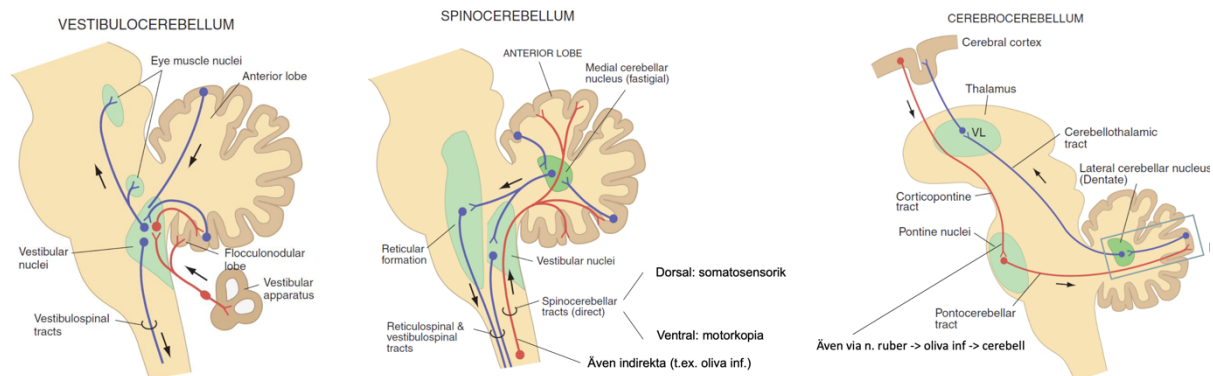
ANATOMI

Cerebellum består av två **hemisfärer** och ett mittsegment som kallas för **vermis**. Utgörs till största del av cortex, men har även några **djupa kärnor**. Till hjärnstammen är cerebellum förbunden via grova områden av vit substans kallade **pedunklar**. Cerebellum består även av två mandarinklyfteliknande strukturer som kallas för **flocculus**. Även cerebellum är somatotopiskt organiserat!



- » Hemisfärerna jobbar mot laterala corticospinala banan (finmotorik)
- » Vermis jobbar mot ventrala banorna (grovmotorik, postural kontroll)
- » Flocculus jobbar med balans

KRETSAR



VESTIBULOCEREBELLUM

- » Viktigt för VOR-reflexen - balans

Sensoriskt inflöde kommer från den vestibulära apparaten till de vestibulära kärnorna i hjärnstammen, där omkoppling sker till neuron som leder vidare signalerna in till cerebellums cortex. Signalerna skickas sedan tillbaka till de vestibulära kärnorna och är en viktig del i ögonkontroll samt ögonreflexer, vilka hjälper oss hålla balansen.

SPINOCEREBELLUM

- » Vermis. Viktigt för proprioception och postural hållning.

Sensoriskt inflöde kommer från de proprioceptiva organen i kroppsliga muskler via tractus spinocerebellaris dorsalis samt tractus cuneocerebellaris. Tractus spinocerebellaris kan i sin tur delas upp i två banor, en dorsal som förmedlar somatosensorik och en ventral bana som förmedlar en kopia av de motorsignaler musklerna fick från M1. På detta sätt kan cerebellum jämföra den tänkta rörelsen och den utförda, och således modifiera en rörelse när den pågår eller ta lärdom inför framtiden.

- » Indirekta signaler kan även komma från den inferiora oliven i medulla oblongata, vilken hjälper till med att koordinera signaler från ryggmärgen och cerebellum för att reglera muskelkoordination och inlärning.

Finns för att modifiera rörelser medans de utförs eller inför framtida rörelser via retikulospinala banan.

CEREBROCEREBELLUM

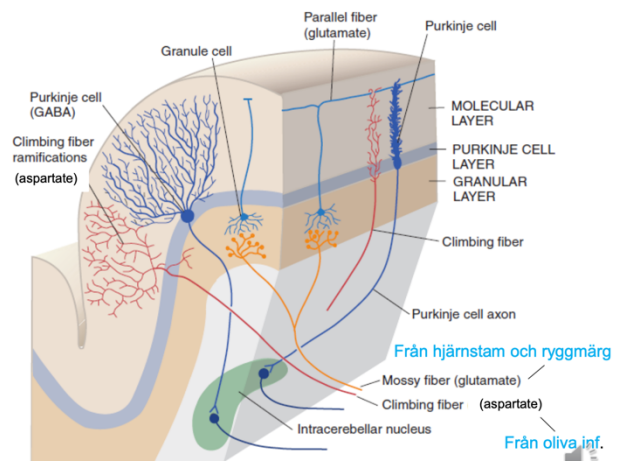
Signaler skickar signaler från cortex till diverse kärnor i pons, vilka vidareförs till cortex i cerebellum. Dessa signaler sänds sedan åter tillbaka till cerebrocortex. *"hur det var tänkt vs hur det blev" – muskelminne.*

CORTEX

Inkommande fibrer till cortex kan vara av två typer:

Climbing fibers kommer i huvudsak från den inferiora oliven, vilken i sin tur fått inflöde från ryggmärgen eller hjärnstammen. Ute i cortex kopplar dessa fibrer upp sig mot stora celler kallade purkinjeceller, vilka löper ned och terminerar i olika kärnor i cerebellum. Speciellt med climbing fibers är att de exciterar EN purkinjecell MYCKET!

Mossy fibers kommer med inflöde direkt från hjärnstammen eller ryggmärgen. Ute i cortex omkopplar dessa fibrer till kornceller (granule cell), vilka djupt in i barken sänder ut parallellfibrer som kommer i kontakt med många purkinjeceller. Speciellt med mossy fibers är att de exciterar MÅNGA purkinjeceller LITE!



FUNKTIONELLA SÄRDRAG

- » Cerebellum saknar likt många andra neurologiska strukturer feedback-system, vilket gör att signalerna endast löper i **en riktning** (feed-forward).
- » Mängden nervceller varierar på olika nivåer: 200 miljoner mossy fibers löper in till cerebellums 40 000 miljoner kornceller. Dessa omkopplar sedan endast om till 15 miljoner purkinjeceller, som sedan terminerar till 1 miljon nervceller i de djupa kärnorna.
- » Cerebellum jobbar mycket med **plasticitet**, där olika reflexer och inlärningsmönster korrigeras.
- » **Skada** på höger hemisfär drabbar högre kroppshalva. Detta skulle kunna leda till ataxi där den drabbade personen antingen får en viss fördröjning rörelser, svårt att koordinera rörelser (asynergi) eller tenderar att ha fel längd på sina rörelser (dysmetri).

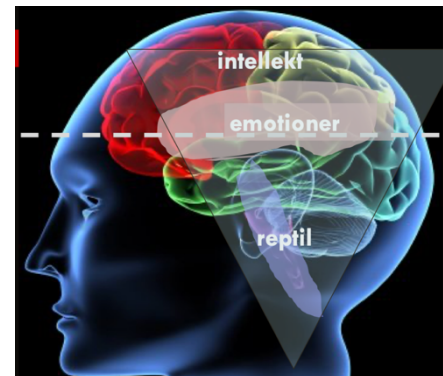
KOGNITION, MINNE OCH EMOTION

Man kan dela in hjärnan i tre nivåer:

Reptilhjärnan: finns innefattar medulla oblongata, pons och Mesecephalon (hjärnstammen) och sköter **omedvetna processer** så som ANS.

Emotioner: hanteras av vårt mellersta parti, limbiska systemet, som behandlar emotioner. Emotionerna kan påverka oss **medvetet** och **omedvetet** samt påverka andra personer i vår omgivning.

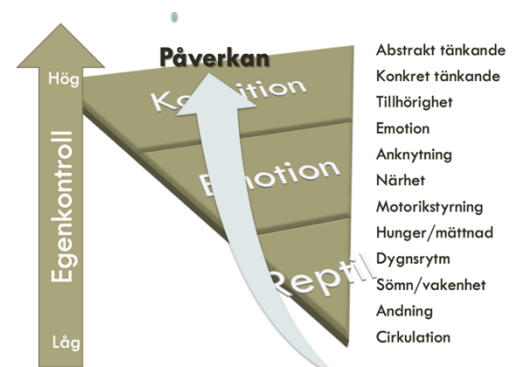
Intellekt är en form av **medvetenhet** som finns lokaliserad i den översta delen av hjärnan, cortex. Hit hör de kognitiva funktionerna, till vilka alla tankar räknas. Den kognitiva kan vi i stor utsträckning styra själva.



Utifrån dessa tre nivåer kan man se att den högsta nivån, intellektet, består av störst volym och antal celler, medans den lägsta nivån är minst till volym men viktigast för de vitala funktionerna i våra liv. Reptilhjärnan styr livsviktiga system som andning och blodcirkulation, och har därför anlagts djupt i hjärnan för att skyddas mot yttre skador. Skulle vi skada delar av storhjärnan så skulle vi kunna tappa vissa funktioner, men vilka INTE ses som livsviktiga.

EGENKONTROLL

Likt tidigare nämnt kommer olika delar av hjärnan att hantera olika funktioner varvid några nämns i bilden. Utifrån den bilden kan vi utläsa att vår egen kontroll stiger ju högre upp vi kommer. Basala processer så som hjärtfrekvens, andning och sömn som styrs av reptilhjärnan är funktioner vi har liten eller ingen medveten kontroll över då de är mer eller mindre obligata. Emotioner ligger någonstans mittemellan där vi har möjlighet att kontrollera dem, tex inte äta fast vi är hungriga. Dock kommer de behöva bli tillfredsställda för att inte skapa obalanser, fysisk som psykisk. Om detta inte görs, kan vår kognitiva funktion hamna i kläm.



» De tre olika systemen är seriekopplade med varandra åt båda håll.

ARBETSMINNE

Att hålla information i tanken en kort stund utan strukturell omlagring.

När en uppgift detekteras via sensoriska intryck överförs denna information sedan till det bakre associationsområdet i hjärnan. Detta bakre associationsområdet kopplas ihop med det främre associationsområdet, var emellan signalerna bollar fram och tillbaka till dess att personen i fråga utfört uppgiften. Arbetsminnet är således en processor i hjärnan som är mer begränsad än långtidsminnet, då den endast kan behålla informationen i några sekunder upp till ett par minuter från dess att det sensoriska intrycket upphört. Arbetsminnet har dock förmåga att använda sig av långtidsminnet och den inlärd informationen för bättre resultat.

- » Arbetsminnet blir väldigt lätt stört, vilket gör att en bekymrad sinnesstämning lätt försämrar arbetsminnet. På samma sätt fungerar positiv och negativ inställning till något. Tror du på dig själv kommer du ha lättare för inläring.
- » Arbetsminnet kommer även vara en del av inläringen till långtidsminnet.

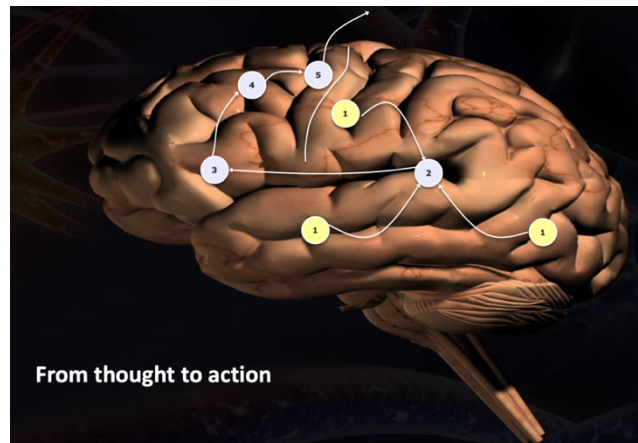
Händelseförlopp: Ser en matematisk uppgift → synintrycket uppfattas och siffrorna analyseras i synloben → tolkar vad som skall göras i bakre associationområdet → planerar/tänker hur uppgiften ska lösas i främre associationområdet → signalerar till talområdet, som i sin tur ser till att svaret på matteuppgiften sägs högt.

FRÅN TANKE TILL HANDLING

⇒ key slide, detta SKA man kunna

Hjärnan kommer att jobba utifrån sina sensoriska modaliteter:

- » Synen i occipitalloben
- » Hörseln i temporalloben
- » Känslern, primära somatosensoriska cortex, i gyrus precentralis



1. De primära sensoriska områdena kommer att tolka sina specifika intryck utifrån dess modaliteter, vilket innefattar spannet mellan exempelvis enstaka toner till komplexa fraser i hörselområdet. Detta kallas för **unimodal association**, då ett och samma intryck kopplas ihop.
2. De unimodal cortexområdena är relativt små i arean. Detta i paritet mot området som analyserar samtliga sensoriska intryck i parietalloben. Detta område kallas det **bakre multimodala associations cortex** och har till uppgift att tolka dessa intryck och ge oss en förståelse vad som sker utifrån dem.
3. Därefter skickas informationen vidare till **främre associations cortex** i frontalloben. Här sker först och främst en VÄRDERING om genomförandet av uppgiften kommer att gynna oss och därefter en analys om HUR uppgiften skall genomföras. Utifrån det lägger området upp en plan. Skulle det röra sig om en uppgift eller liknande som gjorts tidigare kommer processen att gå fortare än om det är något helt nytt, vilket då kräver lite extra tid att tänka.

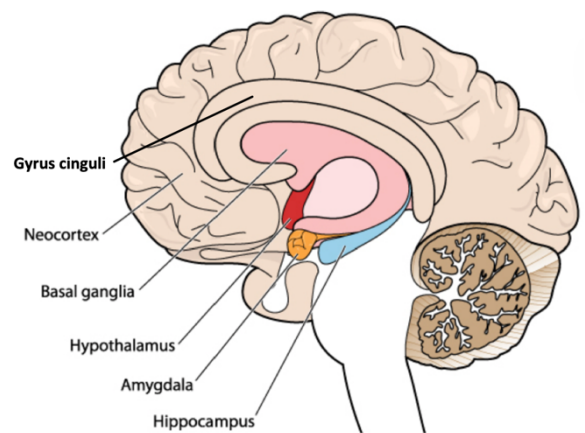
Värderingen är viktig för att handlingen ska bli rätt, då en skada i detta område kan leda till att personen i fråga börjar göra saker mot normerna!

4. Planeringen och övrig information signaleras därefter vidare till **premotorområdet**, där den mer detaljerade planering kopplad till själva utförandet görs. I detta område kan det ske en effektivisering av processen om handlingen utförts tidigare och att det därmed redan finns inlärd program för utförandet. Premotorområdet är även förbundet med de **basala ganglierna**, där det i det mest effektiva fallet redan finns färdiga program.
5. Det färdiga programmet skickas sedan vidare till det **primära motorcortex** i gyrus precentralis, vartifrån sedan signalerna ut i kroppen löper och handlingen utförs.

Område	Funktion
1, Primära sensoriska områden	Sammanställer sinnesintryck unimodalt
2, Bakre associations cortex	Multimodalt förstår vi vad som sker
3, Främre associations cortex	Värderar först därefter planeras utförandet
4, Premotorcortex + basala ganglier	Tar fram ett program för utförandet samt reglering
5, Primära motorcortex	Signalerar ut i kroppen vad som ska göras

LIMBISKA SYSTEMET - KÄNSLOHJÄRNAN

Ovanstående förlopp beskriver en ideal situation där vi får jobba i lugn och ro. Däremot om vi är i en stressig situation har vi cortexområden runt corpus callosum, så kallade limbiska systemet, med i bilden då de styr våra emotioner. **Limbiska systemet** består av **amygdala**, **hippocampus** och **gyrus cinguli**. Dessa strukturer kommer att på en emotionell nivå känna av om situationen känns trygg eller hotfull och kan därefter påverka frontalloben. Vid exempelvis hot eller stress kommer det limbiska systemet att påverka det främre associationsområdets sätt att analysera uppgiften. Blir först en fråga om jag ska agera eller avstå och skydda mig själv. Förutom negativ input finns även positiv input, vilket kan snabba på agerandet (ser en belöning i slutet).



Det limbiska systemet, vilket i vissa sammanhang även kan kallas för känslohjärnan, **tolkar omedvetet in signaler mycket snabbare än medveten registrering**. Exempelvis kan vi känna obehag får något, fast vi egentligen inte vet varför.

- » Observera att det är skillnad på sinnesstämning och emotioner. **Emotioner** är snabba reaktioner som svar på stimuli, dvs något som är kopplat till situationer som leder till en förändring i handlandet. **Sinnesstämning** däremot är vår grund "tonus" och håller i sig över veckor/dagar.

TÄNKANDETS TRANSMITTORER

Glutamat – Från det bakre till det främre associationsområdet löper glutamaterga neuron, vilka använder sig av glutamat som neurotransmittorer. Dessa neuron kallas även för pyramidceller, vilket är stora, välisolerade och snabbt exciterande celler. Glutamat är den **viktigaste** neurotransmittorn i förloppet mellan tanke och handling!

Trots att glutamat är det **direkt förmedlande systemet** i cortex så kommer det vara påverkat av **understödjande system** som ligger **subcortikalt**.

Acetylkolin – Utsöndras från nucleus basalis of Meynert via kolinerga celler. Dessa celler terminerar till de glutamaterga cellerna och modulerar så att glutamatsystemet blir mer vaket. SKA VETA: Acetylkolinsystemet är ett glutamatpåverkande system som underlättar tänkandet.

Monoaminer – Frigörs från kärnor liggandes i hjärnstammen och innefattar neurotransmittorerna noradrenalin och serotonin (även kallat 5HT). Dessa ämnen modulerar vår sinnesstämning och höjer vår

självkänsla, för är sinnesstämningen låg blir även tankeverksamheten låg. Mer diffust utspridda och har dessutom boutonger som ej skapat synapser, jämfört med glutamat synapsen som ständigt är i kontakt.

Dopamin – Utsöndras från substantia nigra i mesencephalon till både de basala ganglierna och till en kärna kallad nucleus accumbens, vilket har en spelar en viktig roll för belöningssystemet. Dopamin är i huvudsak kopplat till belöning!

GABA – Utsöndras från interkortikala celler och balanserar glutamatsystemet med dess inhiberande egenskaper.

HUR SER VILOMEMBRANPOTENTIALEN UT I VAKET TILLSTÅND?

I ett vaket cortex finns stor mängd katekolaminer från nervsystemet så som serotonin, acetylkin och noradrenalin. Detta gör att kaliumkanaler stängs och höger membranpotentialen till -65mV vilket för neuronerna lättare att depolarisera. I sovande tillstånd öppnas kaliumkanalerna vilket gör att vi landar på en vilomembranpotential på -75mV .

LÅNGTIDSMINNE

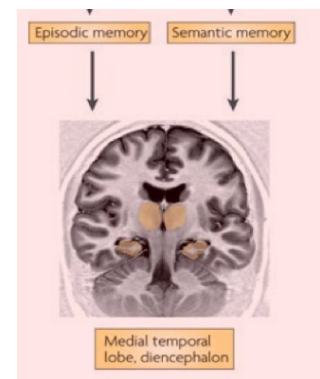
När det gäller långtidsminnet har hjärnan olika system, beroende på om minnet självmant går att plocka fram, dvs deklarativa minnesuppgifter, eller om det inte går det, icke-deklarativa minnen. Episodiskt, muskelminnet och känslominnet är de viktigaste.

DEKLARATIVA

EPISODISKT MINNE

När vi är med om en händelse så råder det aktivitet i neocortex. Upplevelsens signaler från de tre olika associationsområdena, **neocortex**, löper in i en struktur i temporalloben som kallas för **hippocampus**. Skulle denna händelse vara av vikt, så kommer dessa signaler att fortsätta vara en biologisk aktivitet (som beskriver när, var och hur). Detta fenomen kallas för långtidspotentiering (LTP) och fungerar som sådant att signalen blir självgenererande, signaler i en cirkel i hippocampus.

Dessa signaler, vilka nu kallas för engram, förs sedan tillbaka till **neocortex** och de olika associationsområdena där de långtidsförvaras, via LTP. Ett engram är en svagare variant av den ursprungliga upplevelsen vilket pågår i dagar, veckor, månader. Långtidsminnet finns således i cortex, men är beroende av hippocampus för prägling. Vissa detaljer av minnena kan även stanna kvar i hippocampus, vilket förklarar varför det finns cellnybildning där.



SEMANTISKT

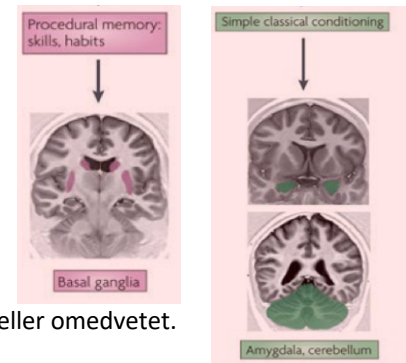
Är det andra deklarativa minnet och innefattar information vi lär oss, men själva inte har upplevt. Denna information lagras i temporalrums-cortex och är inte alltid kopplad till LTP.

ICKE-DEKLARATIVT

Finns även priming som är kopplat till neocortex, samt reflex pathways som är kopplat till habituation.

PROCEDURMINNET

Procedurminnet (muskelmanne) eller våra motoriska färdigheter lagras framförallt i basala ganglierna (enligt tenta-frågor) men är i ett samspel med premotorcortex.



KÄNSLOR

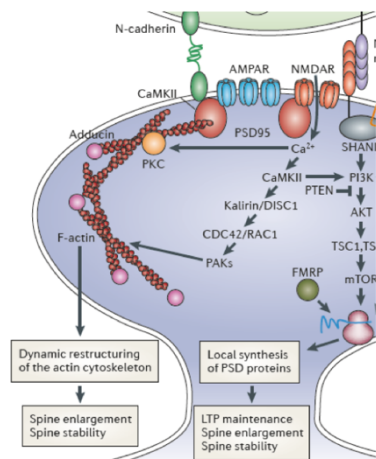
Känslor kopplade till olika associationer lagras i **amygdala**. Rädsla kan upplevas till en viss musik individen tidigare blivit rädd för, antingen medvetet eller omedvetet. Ibland blir vi rädda av något, som vi själva inte kan förstå varför.

MINNETS KEMI – LTP

En händelse registreras i HPC och återförs till neocortex som engram och under sömnen så kommer HCP att reaktivera neocortex så att engrammet manifesteras. Långtidspotentiering sker därmed i hippocampus och i neocortex. När vi har en stark minneupplevelse sker kommer nervcellernas kärna att aktiveras, vilket resulterar i att vi får **fler glutamateriska receptorer**, så som AMPA och NMDA, samt att **boutongen blir större**.

Detta är en typ av **synaptisk plasticitet** där aktiveringen av kärnan kommer att genom mRNA, proteinsyntes av receptorproduktion samt cytoskelettreakonstruktion som i sin tur gör synapserna stabilare och större.

- » Är det viktig information kommer vi ha en självgenereande prägling. Är den mindre viktig kommer vi att gå gnetta (plugga). Detta innebär att det vi ägnar oss åt kommer att lämna avtryck → **use it or lose it**.



KURIOSA OM OTÄCKA HÄNDERLSER

Nackdelen med långtidsminnet är att även saker vi inte vill minnas kommer att lagras och det går inte att "ta bort det" utan kommer finnas kvar som en synaptisk modulering. Bästa sätt att hantera svåra minnen är att bygga upp andra bearbetande händelser kring den första händelsen som gör att vi får nya perspektiv på den otäcka händelse. Därutifrån kan man försöka hitta nya förhållningssätt.

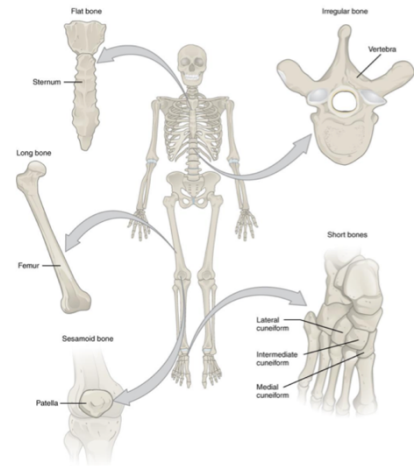
BENBILDNING OCH FRAKTURLÄKNING

BENTYPER

Normalt sett finns det 206 ben i den vuxna mänskliga kroppen, med viss individuell variation. Dessa ben kan delas upp i olika bentyper:

- » Oregelbundna ben, t.ex. ryggkotor
- » Rörben, t.ex. lårben
- » Korta ben, t.ex. ben i foten
- » Sesamben (icke vikt bärande), t.ex. patella
- » Platta ben, t.ex. sternum

Platta ben bildas på annat sätt än de andra kategorierna.



BENETS BESTÅNDSDELAR

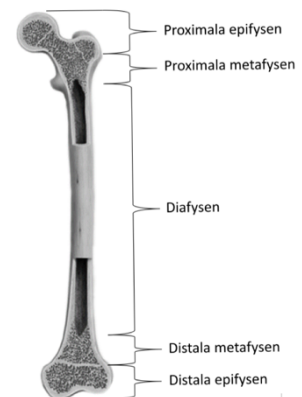
- » Ben består av "benceller" och extracellulärmatris som kalcificeras av hydroxypatitkristaller.
- » Den extracellulära matrisen består framförallt av **kollagen typ I** (skiljer sig mot brosk som är typ II). Dessutom → proteoglykaner (GAGs), Glykoproteiner (osteonectin bla), Proteiner (osteocalcin viktigt för kalcium och kalciumomsättning)

RÖRBEN

Rörben finns i större extremiteter (femur i ben respektive humerus i arm). De utgörs av olika segment där diafysen är benskäftet, medan metafysen är övergången till epifysen som är vår benände. I epifysen finns det en tillväxtplatta som kan stängas igen när man har växt färdigt.

Proximala epifysen och metafysen är mot kroppens centrum (för femur är denna mot bäckenet och för humerus är denna mot nyckelbenet).

Distala epi- och metafysen är ifrån kroppens centrum (foten för femur, handen för humerus).



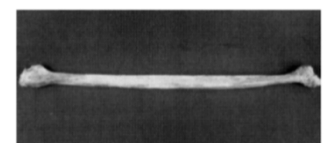
BENSTRUKTUR

Ett ben innehåller:

- » 60% matrix = hydroxypatit (kalcium och fosfat), finns utanför cellerna och utgör kroppens största kalciumlager. Bilden till höger ett ben med avsaknad av hydroxypatit → elastiskt
- » 20% organiskt material = kollagen typ 1 och förankringsproteiner. Bilden till höger visar ett ben med avsaknad av organiskt material → hållfast men sprött
- » 20% vatten



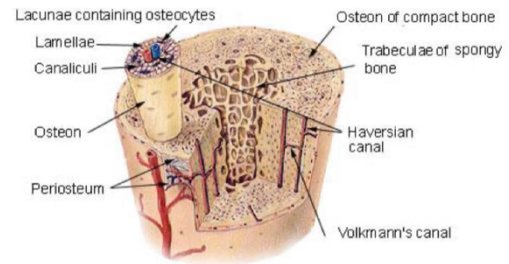
Demineraliserad -> elasticitet, struktur



Mineraliserad -> hållfasthet

KORTIKALT BEN

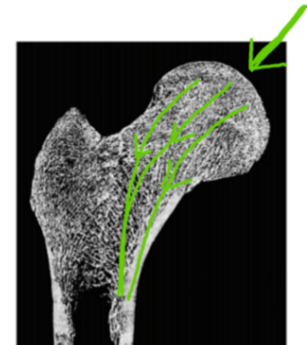
En kompakt struktur i diafysen runt mörghålan, som totalt utgör 80% av benets vikt. Kortikalt ben utgörs av osteoner (benets minsta funktionella enheter) som växer i längsriktning och till största del består av osteocyter. Centralt i dessa finns **Haverska kanaler** bestående av kärl! I tvärriktning finns även **Volkmanns kanaler**. Den kortikala strukturen omges ytterst av en hinna kallad **periosteum**.



SPONGIÖST BEN

Spongiöst ben utgörs av trabeklar samt omges av röd benmärg (där hematopoies sker) och fett. Hinnan som omger trabeklarna motsvarar periostiet hos kortikalt ben och heter "**endosteum**".

Trabeklarna formar sig efter kraftbelastningen. T.ex. när små barn börjar gå kommer gravitationen och trycket från överkroppen att få trabeklarna i femur/lårbenet att formas därefter. (I bild t.h. motsvarar den stora gröna pilen kraftens riktning och de små gröna i epifysen hur trabeklarna är utformade). Denna princip, att trabeklarna följer kraften, kallas för **Wolffs lag**.



BENBILDNING

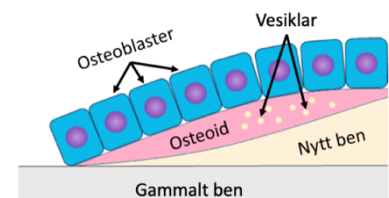
REMODULLERING

Remodullering är ett bens kontinuerliga omsättning av benmassa och mineraler. Till denna process innefattas både de signaler och celler som är delaktiga vid den ständiga förnyelsen. Årligen säger man att 10% av skelettet byts ut. Själva benbildningen kan ske på två olika sätt, vilket är genom **direkt** eller **indirekt benbildning**. Nedan listas först de huvudsakliga signaler som stimulerar remodullering, följt av de tre viktigaste cellerna.

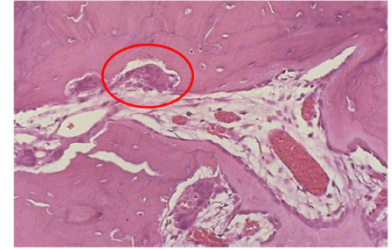
1. **Mekanisk belastning** - ger ett mönster som trabeklarna anpassar sig efter. Trabeklarna remodullerar även utifrån hur benet belastas.
2. **Hormoner styr!** Framförallt östrogen (därför benskörhet efter menopaus). Parathormon styr kalciumhomeostas i kroppen, där både absorptionen och nedbrytningen (frigör kalcium i kroppen) kan öka. Kortison → gör benet tunnare.
3. **Cytokiner** - Growth hormone bildas i hypofysen och styr tillväxten i benen. GH omvandlas i levern till growth factor (cytokin), vilket i sin tur stimulerar tillväxt.

Celler inblandade i remodullering:

1. **Osteoblast (bygger upp)** - Bygger upp benet genom att frisätta kollagen. Kollagennätverket, "osteoid", innehåller vesiklar med kalciumfosfat. Kollagen och kalciumfosfat blandas och kommer att ge ny benmatrix.

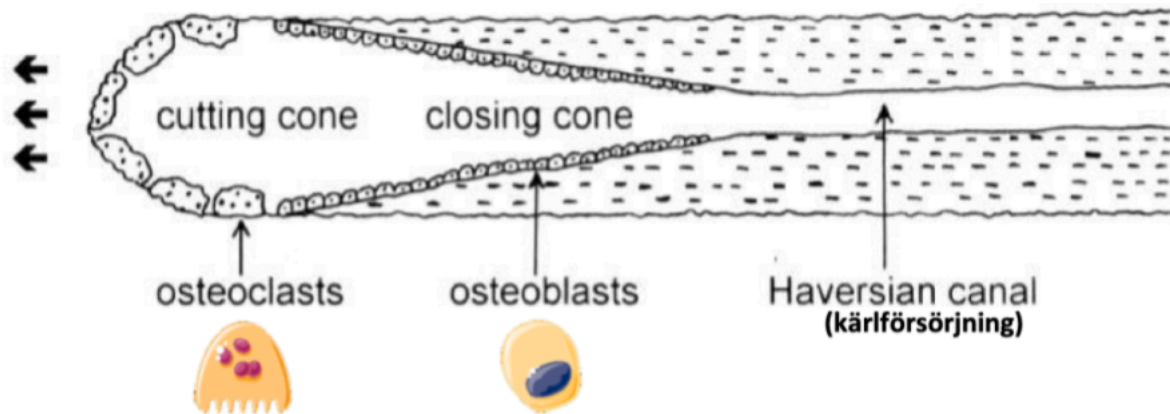


2. **Osteklast** (krossar, kaputt, kaos) - Krossar/bryter ner benet enzymatiskt. Har fler än en cellkärna (10-20 st) då de har ursprung från flera celler hematopoetiskt. Vid nedbrytning av ben kommer de att skapa sk. "Howships lakuner" i benmatrix (se bild till höger).
3. **Osteocyter** (själva bencellerna) – Inmurade osteoblaster med låg metabol aktivitet. Viktig roll som sensorer för benomsättning, då de känner av kalcium, belastning, stress osv.



REMODULLERINGSENHET

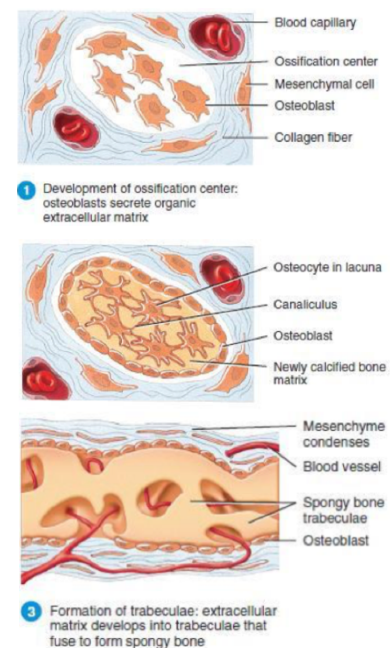
Osteoblasterna kommunicerar med osteoklasterna via RANKL/RANK-pathway



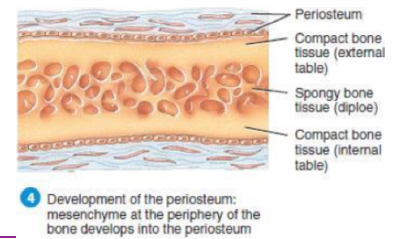
INTRAMEMBRANÖS BENBILDNING (DIREKT)

Gäller framförallt platta ben som skalle och nyckelben. Denna benbildning kallas för direkt benbildning då bindväven/kollagenet direkt blir till ben. Detta till skillnad från endokondral benbildning där brosk används som mellansteg.

1. Kollagenfibrer med kärlinväxt kommer att attrahera osteoblaster som migrerar dit. Dessa bildar ett ossifikationscentrum.
2. Ossifikationscentrumet utsöndrar organiskt material till extracellulär matrix.
3. Osteoblaster lägger sig i kanten av centrat. Detta gör att de centrala osteoblasterna blir osteocyter med cellutskott i mitten av det skapade organiska materialet.



4. Osteoplasterna (i utkanten av ossifikationscentrat) syntetiserar mer och mer kalcificerat benmatrix (kollagen med vesiklar av fosfat = osteoid --> mineraliserat ben).
5. Mellan alla nybildade trabeklar skapas hålrum där kärlen kan växa in och försörja osteocyterna med blod.



ENDOKONDRAL BENBILDNING

» Står mer detaljerat under *Skelettet*

Vid dag 60, när alla benär anlagda (inte färdiga) utgörs de "primitiva benen" av kondrocyter (broskceller) med broskvävnad som täcks av perikondrium. Strukturen saknar nerver och blodkärl och försörs bara via diffusion. Dock kan inte denna struktur upprätthållas länge då strukturen är stor och diffusion är svår.

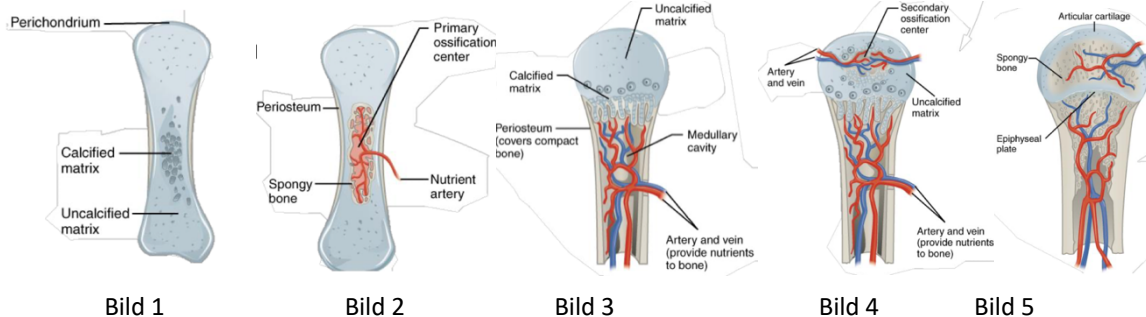
Bild 1 – Slutstadiet för kondrocyterna är hypertrofi (cellförstoring). Brosket mineraliseras, näringsförsörjningen stryps och kondrocyterna dör. Denna process sker i diafysen.

Bild 2 – Blodkärl växer in och för med sig osteoblaster, vilket möjliggör formning av periosteum och **primärt ossificeringscenter**.

Bild 3 – Osteoklasterna bryter ned och "gräver ut" medullära kaviteten (märgålan), medan osteoplasterna bygger upp → längdtillväxt.

Bild 4 – Sekundära ossificeringscentran bildas i ändarna (epifysen). På samma sätt hypertroferar kondrocyter, följt av kärlinväxt och osteoblastmigration.

Bild 5 – Brosk förblir endast på ledytor och tillväxtplattan (till dess att de växer igen).



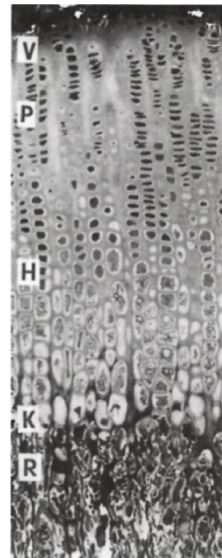
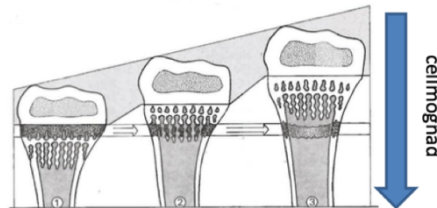
TILLVÄXTZON

Vilozon (10%) – Består av kondrocyter (20%) och matrix (80%)

Proliferationszon (30%) – Cellerna lägger sig i kolumner och prolifererar.

Hypertrofizon (45%) – Cellerna har nu ökat i antal och kommer i denna zon att öka i volym. Kondrocyterna tar upp 10 gånger mer plats. Matrixen tar upp 3 gånger mer plats.

Förkalkningszon (15%) – Anslutningen till metafysen. Kondrocyterna dör, osteoblaster och osteoklaster börjar arbeta.



BROSK

Brosk, en typ av vävnad som ger stadga åt kroppen. Brosk saknar blodkärl och nerver, vilket gör att det inte får någon cirkulation och blir beroende av diffusion av näringsämnen. Brosk måste därför belastas, eftersom det då ändrar form och tillåter näring att diffundera in. Brosk består främst av grundsubstans (huvudsakligen vatten därav dess blanka färg), fibrer (kollagenfibrer och elastiska fibrer) och celler (kondroblast/kondrocyter). Brosk består dessutom av extracellulärmatris som kondrocyterna själva bildar. Den extracellulära matrisen består av:

- » Kollagen, framförallt typ II.
- » Proteglykaner
 - Kärnproteiner med GAG's (Glykoaminoglykaner)
- » Glykoproteiner

BILDNING AV BROSK

Brosk kan växa på två olika sätt och sker främst under växande stadier av livet:

- » **Appositionell tillväxt**, sker då brosk växer från utsidan dvs i perikondriet (broskets benhinna/periosteum). Det sker därmed en delning nära broskhinnan. Då utsöndrar kondroblasterna ny broskvävnad på redan existerande brosk.
- » **Interstitutionell tillväxt**, sker då brosk växer inifrån. Då utsöndrar kondrocyter som har fastnat i samma lacunae broskvävnad (isogen grupp) inne i det redan existerande brosket. Efter att de har börjat producera matrix sprids de isär.

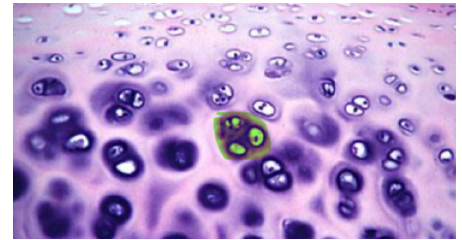
OBS! Ledbrosket har inget perikondrie så de kan inte genomföra appositionell tillväxt.

Nybildningen av brosk sker främst under växande stadier av livet.

TYPER AV BROSK

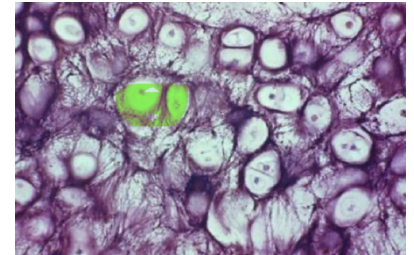
Hyalint brosk,

- » finns vid leder, struphuvud
- » binder ihop costae och sternum.
- » Består av kollagen typ II.
- » Kapselmatrix närmast cellerna är kraftigt infärgade pga hög koncentration av GAG's
- » Glasartat pga mycket vatten



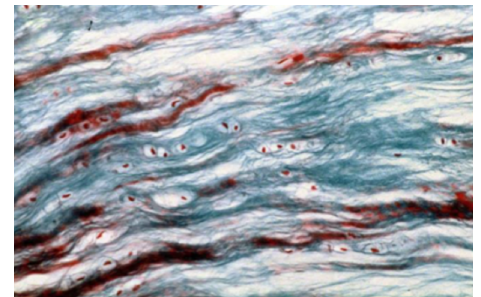
Elastiskt brosk,

- » finns i örat och epiglottis (struplocket), eftersom det är väldigt flexibelt.
- » Består av elastiska fibrer och kollagen typ II.
- » Fibrer går kort och tvärs och heller inte så långa



Fibröst brosk,

- » Finns i symfys och används vid vikt bärande strukturer, som discus intervertebralis (diskarna mellan kotor i ryggraden) och menisk.
- » Innehåller fibroblaster – proteinglykanmonomer versican (kärnprotein).
- » Består av både kollagen typ I och II.
- » Liknar permanentat hår
- » Kärnorna från kondrocyterna ligger mer på rad.

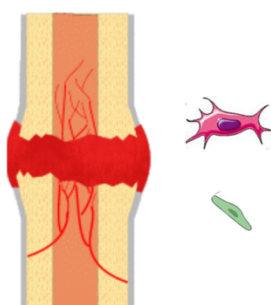


FRAKTURLÄKNING

1. **Hematom** - Detta sker då kärlen gått sönder. Från benet och muskeländarna kommer GH (growth hormone). Hematomet kommer att skicka ut cytokiner där inflammationsfas aktiverar kroppen och informerar om att en fraktur har skett.
2. **Mjuk kallus** - Cytokinerna har aktiverat celler i periferin. Celler som bildar kärl rekryteras, vilket är viktigt då benbildande process är energikrävande! Med kärlen dras även mesenchymala stamceller/osteoblaster med. Initialt kommer blodkärlen att bildas överallt utan koppling till det cirkulatoriska systemet. Efter ett tag kopplas systemet ihop och näring till osteoblaster fås.
3. **Hård kallus** - Detta steg är unikt för benbildning då det inte bildas någon ärrbildning. Denna vävnadsregeneration kan ske genom antingen intramembranös eller endokondral benbildning.
4. **Remodellering** - Här kommer mindre högkvalitativ benvävnad att brytas ned för att ersättas av lamellärt ben.



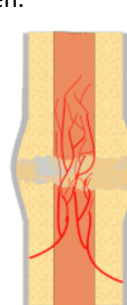
Hematom
1-7 dagar



Mjuk kallus
1-3 veckor



Hård kallus
- 3 månader



Remodellering
> 4 månader

OLIKA TYPER AV FRAKTURLÄKNING

Indirekt läkning (även kallad kallusläkning) – Kräver relativ stabilitet, där läkningen mellan två benändrar sker i rörelse mot varandra. Detta tar dock tid, gör ont och bidrar till rörelsebegränsningar för patienten.

- » Exempel på relativ stabilitet är gips och elastisk binda.

Direkt läkning – En kirurgisk teknik som kräver absolut stabilitet. Förutsätter att benändarna är riktigt nära varandra (<0.5mm). Denna process är kontrollerad och snabbare.

- » Exempel på absolut stabilitet är kompressionsskruv eller -platta.

OLIKA TYPER AV FRAKTURER

Metafysär fraktur – Sker i metafysen och kräver intermembranös benbildning och utgörs av lite kallus (substansen som bildas vid själva brottet). Dessa frakturer läker snabbt på grund av närvarande av mesenkymala stamceller.

Kortikal fraktur (i diafysen) – Kan läkas både via endokondral och intermembranös benbildning. Vid denna läkningsprocess bildas mycket kallus, men är betydligt långsammare på grund av frånvaro av mesenkymala stamceller.

Hypertrofisk fraktur – Har stor biologisk potential till läkning (stor kallusbildning), men saknar stabilitet (övre höger bild).

Atrofisk fraktur – Har ingen biologisk potential till läkning (ingen kallusbildning), (nedre höger bild).

Stressfraktur – Jämt och ständigt bildas små sprickor i våra ben på dess tensionssida (mest belastade), vilka dock i samma takt repareras. Skulle dock inte kroppen hinna reparera dessa små sprickor ackumuleras skadan i det mest belastade området tills det till sist går av.



RYGGMÄRGEN OCH NERVROTTERS MAKROANATOMI

DETTA ÄR EJ KOMPLETT, SE TENTAFRÅGOR OCH FÖRELÄSNING

ARTT. VERTEBRALES – RYGGRADENS LEDER

Ryggraden kan utföra rörelser som flexion-extension, lateralflexion samt rotation. Rörligaste delen av ryggraden är halsryggen, men även ländryggen är relativt rörlig. Lederna tillsammans fungerar ungefär som en kulle. Spinalutsoten kommer att begränsa nackens rörelse framåt och bakåt. Detta kan observeras på de cervikala kotorna vars spinalutskott ej är lika vertikala som på thorakal nivå, där kommer en böjning vara mer möjlig.

NACKEN

Dessa leder finns högt upp cervikalt.

ART. ATLANTO-OCCIPITALIS

Leden är mellan Os occipitale och atlas. Leden är utformad på så sätt att huvudrörelsen är en **nickrörelse**

- » Lateral flexion.

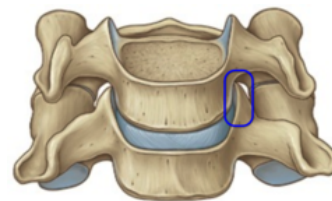
ART. ATALTO-AXIALIS

Leden utgör den nedre nackleden mellan atlas (C1) och axis (C2). Leden i sin tur består av tre leder varav den mediala leden är den som förbinder atlas kring dens axis. Här finns ett kraftigt och viktigt ligament, **lig. Transversum atlantis** som ser till att hålla dens mot atlas och förhindra en bakåtgång.

- » Rotation

ART. UNCOVERTEBRALIS

Art. Uncovertebrales sitter mellan cervikalkotornas proc. uncinatus inferiort och corpus vertebrae superiort, **C3-C7**. Har till uppgift att begränsa rotation i cervikalkotorna

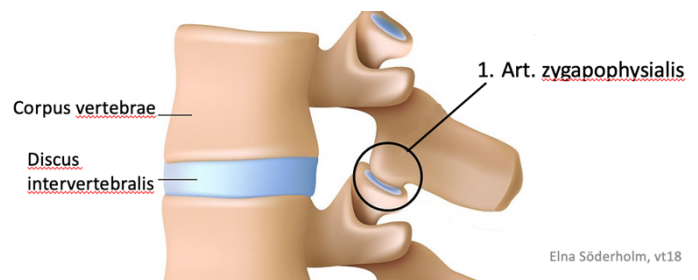


FASETTLEDERNA – ARTT. ZYGAPOPHYSIALES

Detta är leder som bildas mellan **processus articularis** på två intilliggande kotornas arcus vertebrae. Den översta fasettleden sitter mellan C2 och C3, och den nedersta oftast mellan L5 och S1.

Funktion:

- » Extension och flexion i cervikalt
- » Förhindra extension thorakalt
- » Flexion och extension lumbalt, förhindra rotation.



ART. INTERVERTEBRALES

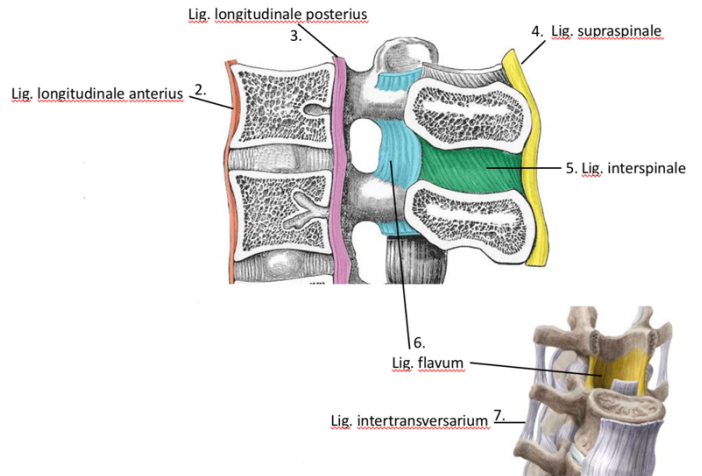
Symfyser som sammanbinder kotkroppar via IV-diskar.

ART. COSTOVERTEBRALES

På thorakal nivå fås direktkontakt med våra revben. Costa vertebralleden är mellan ände revben och kotkroppen. Mycket starka lig håller ihop detta → stabil.

LIGAMENT

1. (Art zygapophysialis)
2. Lig. Longitudinale anterior – täcker kotkroppen framtidd
3. Lig Longitudinale posterius - täcker kotkroppen baktill och befinner sig därmed i formaen vertebrale
4. Lig. Supraspinale – mest posteriori längs samtliga kotors proc spinosus
5. Lig. Interspinale – mellan respective kotas proc spinosus
6. Lig. Flavum – ligger mellan kotbågarna baktill och utgör därmed en skiljevägg till foramen vertebrale
7. Lig. Intertransversarium – tunna ligament som går mellan kotornas tvärrutskott.

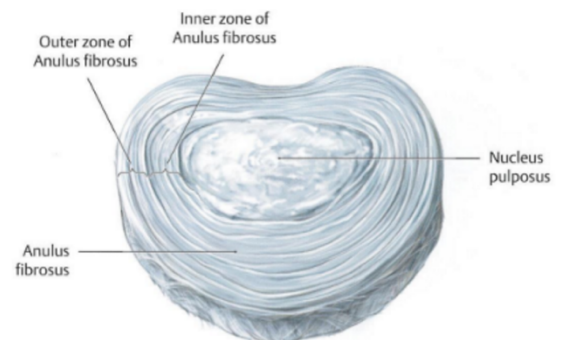


INTERVERTEBRALDISKAR

Diskarna mellan kotorna används för att öka rörelsemöjligheterna och tar upp belastning/stötdämpar. Centralt finns **nucleus pulposus** (embryonalt från notokorden). Runt denna finns hyalint brosk som gör så att nucleus pulposus inte trycks in i kotkroppens hårda ben.

Skivorna, lamellerna, i **anulus fibrosus** är 16-17 lager tjocka. Går med olika fiberriktningar åt olika håll! Varje lager byter fiberriktning → stark struktur.

Disken utgör $\frac{1}{4}$ av kotans totala längd och det är återbildning av brosket i disken som gör oss kortare vid ökad ålder!



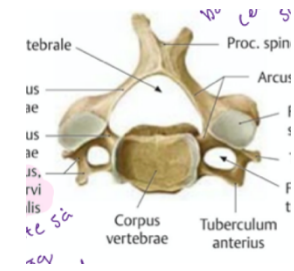
KOTOR

Kotorna på olika nivåer av ryggraden har olika utseende då de har olika funktioner!

- » De olika kotorna ska även röra sig på olika sätt varav fasettlederna ligger orienterade olika beroende på vilken nivå i ryggen man undersöker.
- » Likheter och skillnader mellan kotornas struktur och vilken funktion de har kan vara relevant inför praktiska-tentamen.

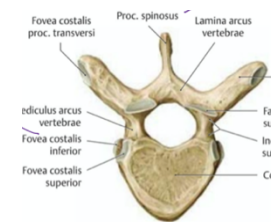
VERTEBRA CERVICALIS

- Formaen transversarium
- Liten kota, ffa liten corpus
- Man känner inte proc. Spinosus med undantag för C7 (vertebrae prominens) som känns.
- Två delad spinosus?
- Hål i proc. transversus då vi på cervikal nivå ska transportera kärl på ett säkert sätt till hjärnan (a. Vertebralis).
- Art. Zygapophysiales ser till att vi kan extendera och flektera cervikalt mha processus spinosus som är riktade rakt utåt.



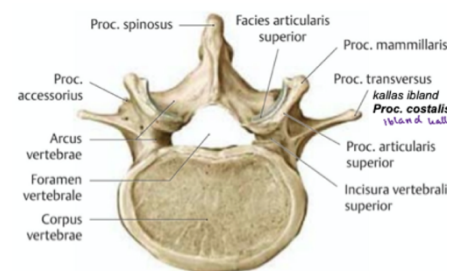
VERTEBRA THORACICA

- » På thorakal nivå fås direktkontakt med våra revben. Costa vertebralleden är mellan revben och kotkroppen. Mycket starka lig håller ihop detta → stabil.
- » Hjärtformad corpus → hjärtat sitter på thorakalnivå kan man tänka
- » LÅNGA proc spinosus riktade nedåt → förhindrar extension.
- » Fovea costalis superior/inferior + fovea costalis processus transversus = art. Costovertebralis som stärks av starka ligament.



VERTEBRA LUMBALIS

- » De lumbala kotorna är störst och kraftigare än de andra. Detta då ryggen på lumbal nivå utsätts för större påfrestningar än de på cervikal nivå.
- » Proc transversus kallas ibland för proc. Costalis
- » Liten formaen vertebrale → liten andel ryggmärg går ned hit.

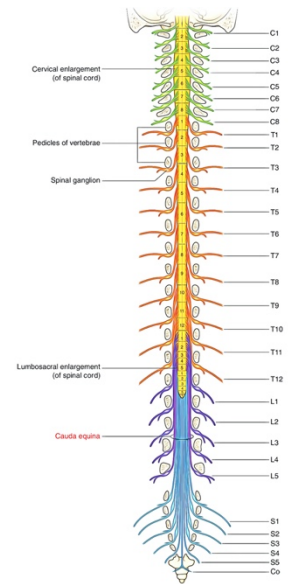


ÖVRIGA STRUKTURER

- » **Cauda equina** – samling nervrötter som ser ut som en hästsvans. Från varje segment i ryggmärgen urspringer nervrötter som sedan, ju längre lumbalt man kommer, inte lämnar ryggraden horisontellt utan behöver gå en stäcka vertikal innan den lämnar ryggraden (se bild). Detta innebär att efter L1 kommer det ej att finnas ryggmärg längre utan enbart en "svans" av nervrötter. Varför är detta viktigt att kunna? När man lumbal punkterar för diverse tester eller en epiduralbedövning, är et viktigt att man inte träffar ryggmärgen. Därav tar man prover mellan L3-L4. Om man antar att spetsen av

ryggmärgen sträcker sig ner till disken mellan kotorna L1 och L2 så är det på gränsen att dorsal-och ventralrötterna från segment L1, vilka passerar ut under L1-kotan, inkluderas i cauda equina. Nervrötterna från underliggande segment, inkluderande L2-L5, S1-S5 och Co(1-3), kommer då att befinna sig i den allra översta delen av cauda equina. (mer under *Medulla spinalis*) (för mer förståelse kring spinalnerv och segment läs *Spinalnerv* samt *Somiten*)

- » **Spatium epidurale** – ett område mellan dura mater och benet som är fyllt med fettvävnad. Ser ej ut så här uppe i skallen, där ligger dura mater diktan benet

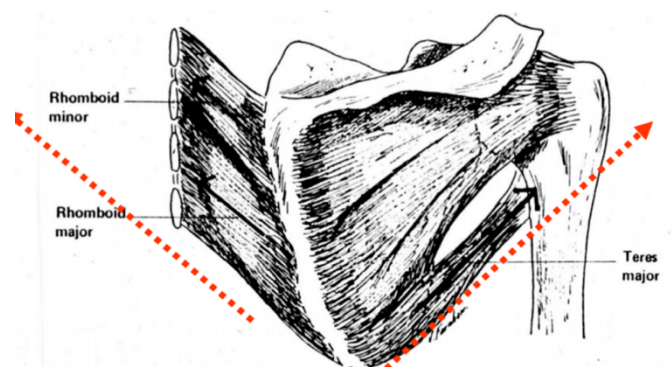
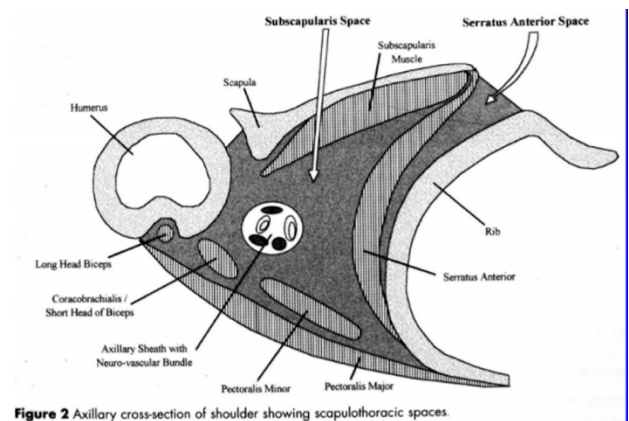


SKULDERBLAD

Denna benstruktur används för att optimera m. deltoideus kraft samt för att ge ökad rörlighet.

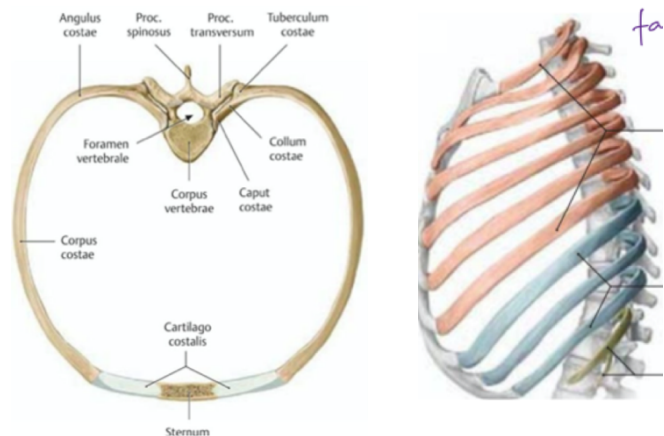
Scapula "flyter" på thorax, vilket kan ses i bilden nedan. Mellan thorax/revbenen och scapula sitter m. serratus anterior. Denna försörjs av n. thoracicus longus som kan komma i kläm när man t.ex. bär ryggsäck. Då kan scapula ompositioneras tillfälligt (då m. serratus anterior inte håller scapula på plats) kallat **vingscapula**. Tillsammans med denna muskel arbetar m. pectoralis minor. Scapula hålls även på plats av mm. rhomboidei (ursprungar från kotornas spinalutskott) samt m. teres major (fäster på humerus).

Även m. Trapezius kommer att hålla scapula inåt tillsammans med Rhomboideerna. M. levator scapula lyfter upp scapula.



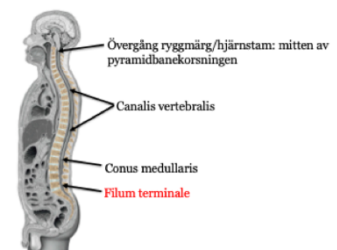
REVBEN

Finns 7 stycken äkta revben som sitter fast i sternum helt själva. Sedan finns ytterligare 6 stycken som sitter fritt eller i annat revbensbrok.



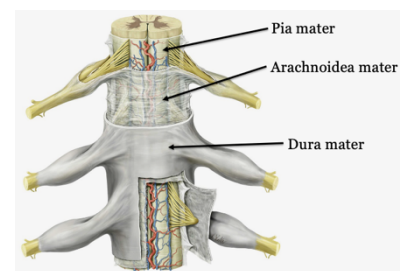
RYGGMÄRGEN – MEDULLA SPINALIS

Ryggmärgen löper i ryggkotornas **foramen vertebrale**, vilka tillsammans bildar **canalis vertebralis**, från hjärnstammen ner till och med lumbalkota 1-2. Hos en nyfödd kommer ryggmärgen sträcka sig något längre ned, vilket under senare år förändras då ryggraden växer mer än ryggmärgen. Där övergår den organiserade gråa massan i ryggmärgen till fria spinalnerv i **cauda equina (L1)**. Från att ha täckts av samtliga hjärnhinnor kommer nu endast **Pia mater** att löpa med cauda equina, dock som en separat sträng som binder in ryggmärgen i sacrum. Pia mater börjar i det som kallas för **cornus medullaris** och avslutas i **filum terminale**.



HJÄRNHINNOR

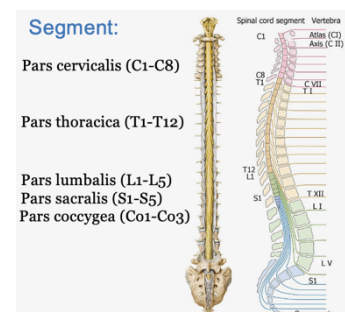
- » **Pia mater** – Innersta och tunnaste hjärnhinnan
- » **Arachnoidea mater** – Mellersta, som även kallas för spindelvävshinnan
- » **Dura mater** – Yttersta och tjockaste hjärnhinnan



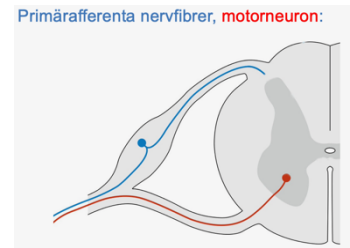
SPINALNERVER

Spinalnerven från respektive segment löper på cervical nivå ut ÖVER kotan med samma namn (C1-nerv löper ut mellan skallbenet och atlas, C8-nerv löper ut mellan C7-T1-kota). På thorakal och lumbal nivå löper de istället ut UNDER kotan med samma namn (T1-nerv löper ut under T1-kotan).

- ⇒ En spinalnerv bildas när ventralroten och den del av dorsalroten som innehåller axonet som utgår från dorsalrotsgangliet.



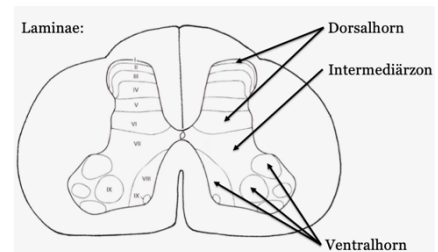
Nerverna från ryggmärgen utgår från ett **segment** beläget inuti ryggkotorna, från vilka ventralroten (**radix anterior**) går ut ventralt och dorsalroten (**radix posterior**) går ut dorsalt. Nerverna i den ventrala roten har deras cellkroppar **inuti** ryggmärgen, medan nerverna i dorsalroten har sina i en struktur som kallas för **dorsalrotsganglion**. Cellkropparna i dorsalrotsgangliet har två axon varav ett löper in i ryggmärgen via **dorsalroten**, och ett annat som löper ut i kroppen → **pseudo-unipolära neuron**.



Varje segment består av en vit och en grå substans:

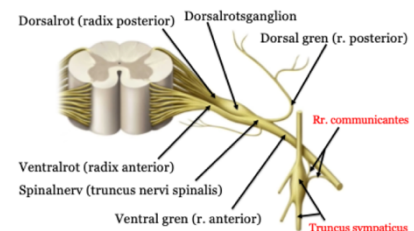
- » **Vit substans** – Är den ljusare substansen som i huvudsak består av axoner, vilka löper uppifrån hjärnstammen och ner genom ryggmärgen till dess att de når deras segment. Av den anledningen kommer den vita substansen procentuellt bli mindre och mindre längre ned i ryggmärgen.
- » **Grå substans** – Ryggmärgens mörkare substans (liknar ett H) som i huvudsak består av cellkroppar, dendriter och synapser. Kommer procentuellt att bli mer längre ned i ryggmärgen. Den grå substansen kan även delas in i olika **lamine**, vilket motsvarar områden med olika typer av nervceller och funktion.

- **Dorsalhornet** är sensorisk och motsvaras av lamine 1-6, vilka registrerar smärta och temperatur.
- **Ventralhornet** är motorisk och motsvaras av lamine 7-9, med uppgift att sända signaler ut i kroppen. Lamina 7 kan även kallas för **intermediärzon**.
- Lamina 10 ligger närmast centralkanalerna i ryggmärgen.



Utanför segmentet, åt varje håll, går sedan ventral- och dorsalroten ihop och bildar själva spinalnerven (**truncus nervi spinalis**), vilken dock kort därpå förgrenas i två:

- » **Dorsal gren** – Innerverar den djupa ryggmuskulaturen (motoriskt) samt huden på ryggen (sensoriskt). Denna gren kallas även för r. posterior.
- » **Ventral gren** – Fortsätter ut perifert i kroppen och har olika funktioner beroende på dess nivå i ryggmärgen. Denna gren kallas även för r. anterior.
- » Vinkelrätt till dessa nerver kommer den sympatiska gränssträngen att löpa (**truncus sympathicus**), där preganglionära neuroner omkopplas till postganglionära.



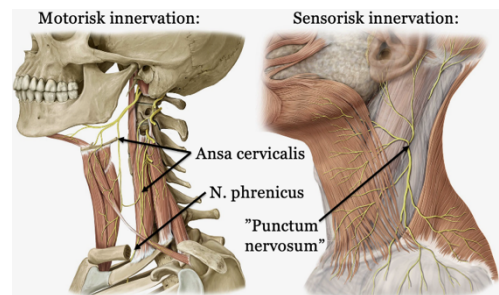
NERVPLEXAN

Ett nervplexa är en blandning av spinalnerver (ventrala grenar) som ger blandade perifera nerver.

PLEXUS CERVICALIS (C1-C4)

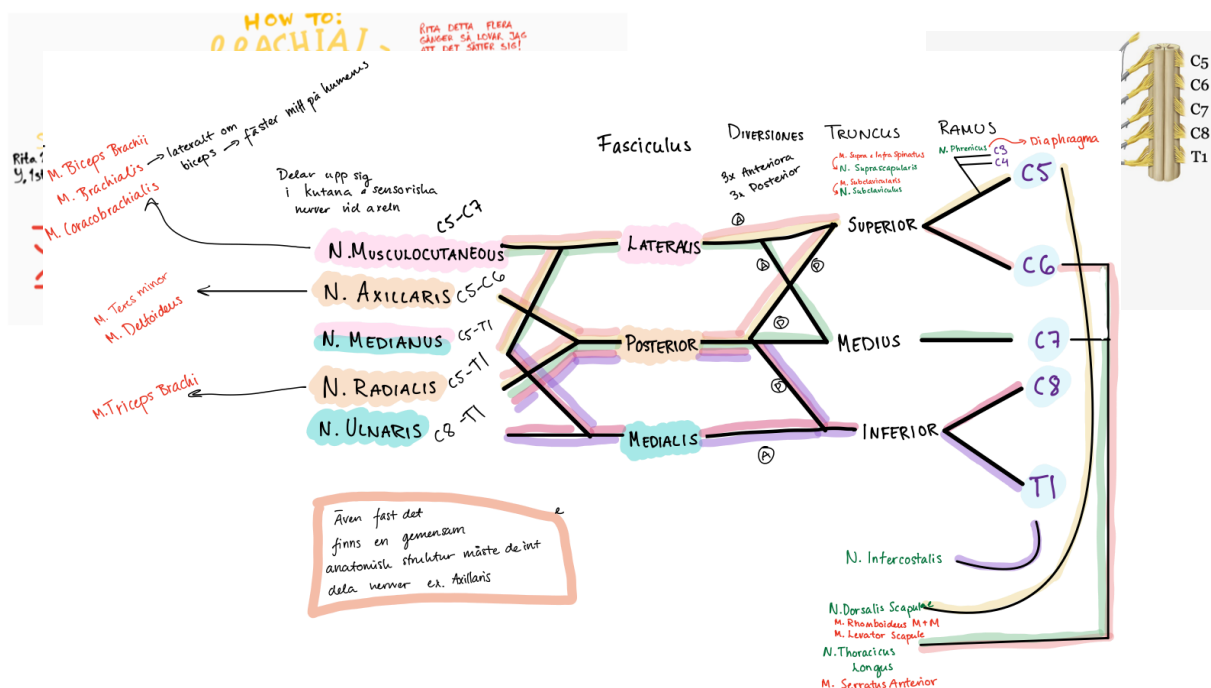
Detta plexa ger oss motorisk och sensorisk innervation av halsen. Från C3 och C4 fås även n. phrenicus som innerverar diafragman (viktigaste andningsmuskeln).

- » **Motoriskt** – Infrahyoidal muskulatur (framsida nacke) och diafragma
- » **Sensoriskt** – Halsen och bakre delen av huvudet



PLEXUS BRACHIALIS (C5-T1)

Spinalnerv som utgår i dessa nivåer kommer att innervera armen och axelpartiet **sensoriskt och motoriskt**.



- » **MINNESREGEL:** Rugby Tränare Dricker För Mycket Ananas Mimosas, Riktigt Underligt.

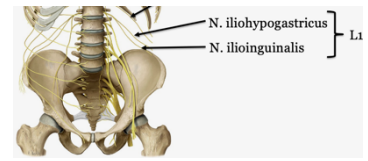
Plexus brachialis kommer att löpa ut genom den **bakre Scalenus-luckan**, det vill säga, mellan m Scalenus anterior och medius tillsammans med A. subclavia. OBS V. subclavia löper inte med artären här utan löper i den främre Scalenus-luckan.

DE COSTALA NERVERNA (T1-T12)

De spinalnerv som utgår för T1-T12 bildar INTE något plexa. I större delen av bålen ser innerveringen istället ut som på bilden till höger. De ventrala grenarna fortsätter rakt ut och följer mellan revbenen, och har därav fått namnen **nn. Intercostales 1-11** samt **n. subcostalis** (T12), vilken inte går mellan två revben utan istället under det tolfte.

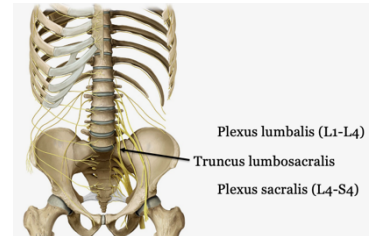


Vi saknar thorakalplexa då avsaknar avancerade extremiteter, och istället endast har begränsade områden att innervera. De sista spinalnerverna på thorakal nivå kommer dock inte räcka till för att motoriskt och sensoriskt innervera nedre bålen. Från lumbalplexat fås därför **n. iliohypogastricus** samt **n. ilioinguinalis** som innerverar detta parti.



PLEXUS LUMBOSACRALIS (L1-L4 SAMT L4-S4)

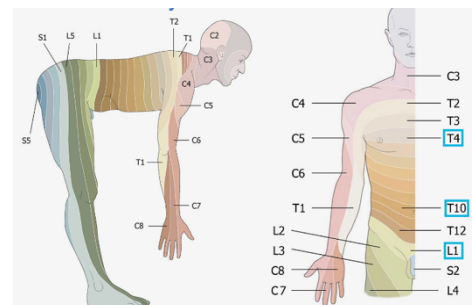
Anledningen till att lumbalplexat och sacralplexat ofta benämns gemensamt är att dessa plexan är sammankopplade med flera nerver. Plexat består därför av både plexus lumbalis (L1-L4) samt plexus sacralis (L4-S4).



DERMATOM

Dermatom är sensoriska delar på huden som endast kommer från en spinalnerv. **OBS! C1 saknar dermatom då denna inte har några sensoriska fibrer.**

- » **C6** – tummen (upp för sex) → C7 pek och lång → C8 ring och lill
- » **T4** – Mellan bröstvårtor
- » **T10** – Vid naveln
- » **L1** – Vid ljumsken



Dermatomen är som skruvade längs benen och under fötterna vilket beror på rotationen vi gör som foster.

VAD ÄR SKILLNADEN PÅ DERMATOM OCH KUTAN INNERVERING?

Lätt att förvirra sig här. Men de är egentligen samma nerver totalt sett, men de är **grupperade olika**. Genom exempelvis plexus brachialis kommer nerverna från de olika spinalnerverna att blandas samman i olika grenar som går ut i armen som sensoriska och motoriska nerver. Detta är vad man kallar **kutan innervering**.

Dermatom ser man utifrån vilka fibrer som utgår ifrån en specifik spinalnerv. Detta innebär att om dermatom C6 påverkas, kommer effekten innebära en påverkan på alla nerver, ex N. Musculocutaneus och N. Axillaris, vars fibrer **delvis** härstammar från C6 spinalnerv.

Detta visas vid exempelvis Bältros då en viss spinalnerv påverkas vilket kommer ge utslag över ett helt dermatom. Om däremot en enskild nerv skadas kommer det inte att påverka ett helt dermatom.

BLODFÖRSÖRJNING

- » Subclavia → **A. vertebralis**

Subclavia är två av de stora förgreningarna, sin och dx, från Arcus Aorta. Utifrån subclavia löper **A. vertebralis** genom de cervikala kotornas **foramen transversarium** i dess processus transversus. Vertebralis går ihop, ovan atlas, och bildar a. basilaris.

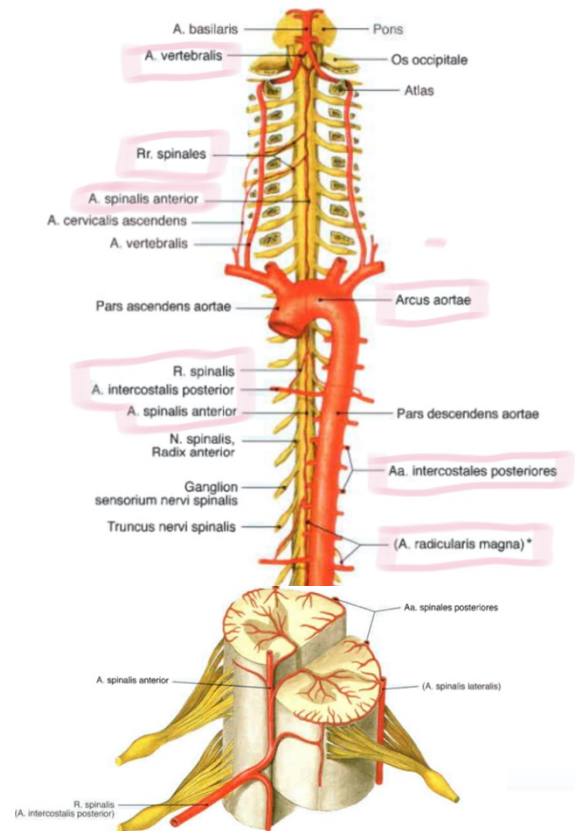
» A. Vertebralis → A. Spinalis anterior och posteriores

a. Spinalis löper längs med ryggmärgen genom **foramen vertebrale**, en gren på framsidan, en på baksidan som i sin tur förgrenar sig in och försörjer ryggmärgen.

För att försäkra att blodförsörjningen är adekvat kommer a. Spinalis att fyllas på segmentellt genom **R. spinalis** som utgår från en rad olika artärer beroende på nivå i ryggen man tittar på;

- » A. cervicalis ascendens →
- » A. Intercostalis posterior

A. radicularis magna (även så kallat Adamkiewicz) → T9-T12. Är den största avgreningen från Aa. Intercostales. Viktigt att lägga på minnet då den tillför så pass mycket att det blir farligt om det blodflödet stryps.



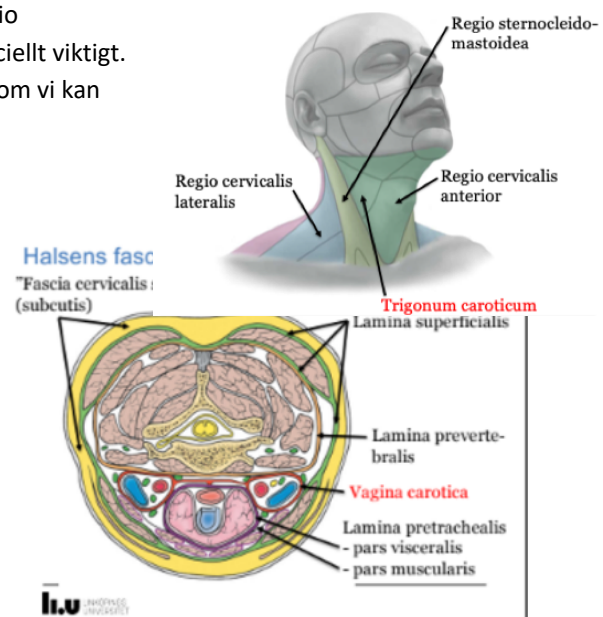
HALSEN

Halsen kan delas in i 3 områden varav området mellan regio sternocleidomastoidea och regio cervicalis anterior är speciellt viktigt. Det är i detta område med namnet **trigonum caroticum** som vi kan palpera carotispulsen!

Halsens muskler ligger i olika fack som separeras av fascior:

- Inbäddat i **fascia cervicalis** ("lamina superficilis") ligger
 - 2 x m. trapezius posterior
 - 2 x m. sternocleidomastoideus anterior
- **Vagina carotica** omsluter a. carotis och v. jugularis

Fascia cervicalis superficialis syftar på subcutis. Här inbäddat ligger



MUSKLER

Suprahyoidala muskler ligger över os. hyoideum (tungbenet). Innerveras av CN12, **n. hypoglossus**.

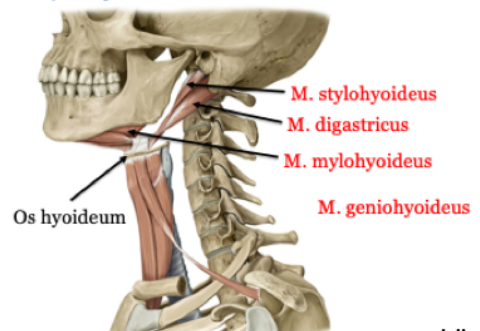
De **infrahyoidala** musklerna ligger under os. hyoideum. Innerveras av cervikalplexat.

MINNESRAMSA: "TOSS MY GRAVY SPOON DARLING"

My Gravy Spoon Darling = Suprahyoidalt:

- Mylohyoidal – bildar munbotten?
- Geniohyoideus
- Stylohyoideus
- Digastricus – har två bukar

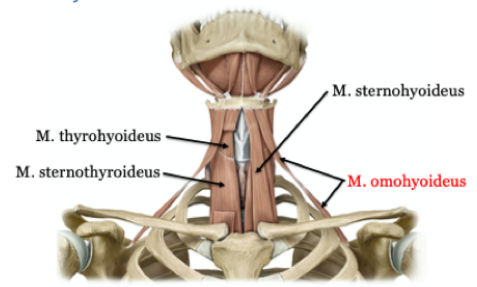
Suprahyoidala muskler



TOSS =Infrahyoidalt:

- Thyrohyoidal
- Omohyoidal
- Sternothyroidal
- Sternohyoidal

Infrahyoidala muskler



Vi har även 3st prevertebrala muskler på varje sida om halsen som hjälper till att flektera halskotpelare:

1. **M. scalenus anterior**
2. **M. scalenus medius**
3. **M. scalenus posterior**

Dessa 3 bildar två luckor/hålrum: främre och bakre scalenusluckan:

- Främre: v. subclavia
- Bakre: plexus brachialis, a. subclavia

SENSORIK

En punkt mitt på m. sternocleidomastoideum är **punctum nervosum** där halsens alla sensoriska grenar löper ut ifrån. Dessa utgår från cervikalplexat.

KÄRLFÖRSÖRJNING

Av grenarna som försörjer halsen kommer både a. thyroidea inferior samt a. thyroidea superior försörja thyroidea. Dock kommer endast den inferiora artären att försörja gl. parathyroidea varav denna är den viktigaste av de båda!

DETTA ÄR INTE HELTÄCKANDE. SE FÖRELÄSNINGS MATERIAL.

BÅLEN

RYGGMUSKLER

Ytliga ryggmuskler har separat innervering:

- » Latissimus dorsi - n. thoracodorsalis
- » Trapezius - CN11 n. accessorius
- » Rhomboideus - n. dorsalis scapulae

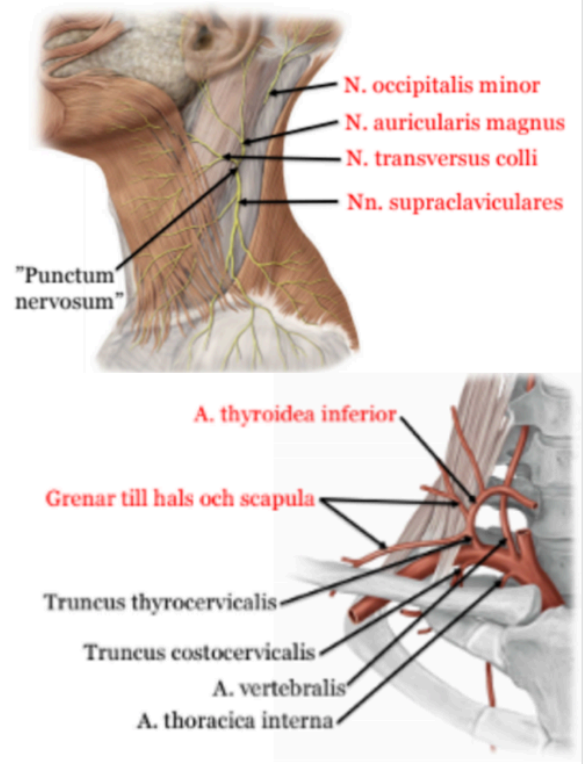
Djupa ryggmusklerna innerveras av rami dorsales.

M. erector spinae, är en "mast" för ryggen. För att komma ihåg dessa finns följande ramsa:

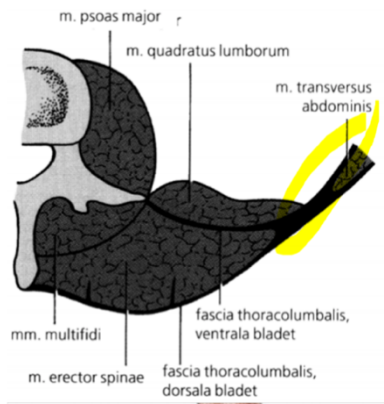
"I Love Spagetti"

- » Iliocostalis
- » Longissimus
- » Spinalis

Från fascia thoracolumbalis kommer ursprungspunkten för abdominismuskulatur!



BUKEN



Rectusskidan skapas från aponeurosen av bukmuskulaturen. Främre rectusskidan går ner över hela rectus-muskulaturen och höger samt vänster sida skiljs av med linea alba. Bakre rectusskidan å andra sidan slutar mellan naveln och symfylen i bäckenet. Denna transversella linje kallas linea semicircularis ("arcuate line"). Där täcks istället muskulaturen av transversalis fascia samt av peritoneum.

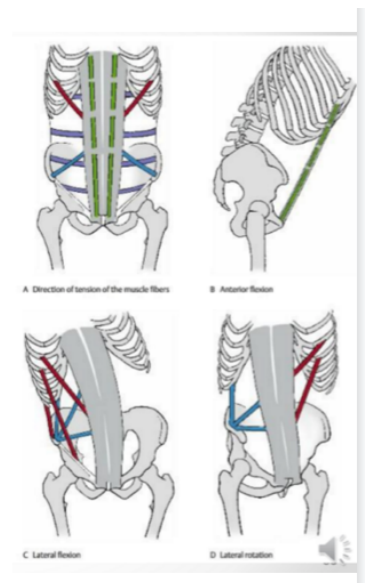
Vi har 4st bukmuskler för respektiva kroppshalva:

- » M. rectus abdominis (U: symphysis pubis, F: proc. xiphoideus på sternum)
- » M. transversus abdominis
- » M. obliquus externus abdominis
- » M. obliquus internus abdominis

Vid t.ex. rotation kommer ena sidans externus arbeta med andra sidans internus.

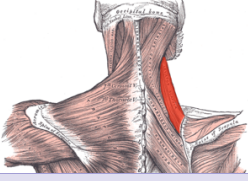
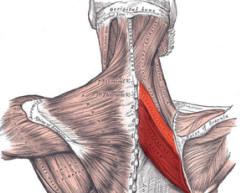
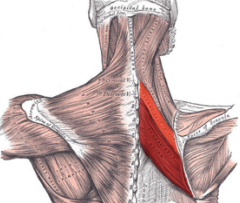
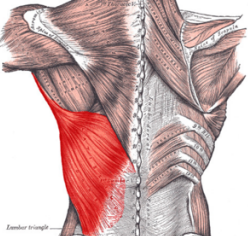
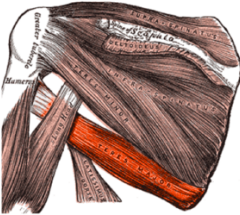
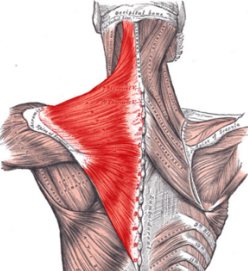
Ha i åtanke att det inte bara är bukmuskler som hjälper till med rörelse i bålen, även höftböjarna är väldigt hjälpsamma vid stabilisering! Vid en sit-up används även m. iliopsoas och m. rectus femoris (U: SIAI)

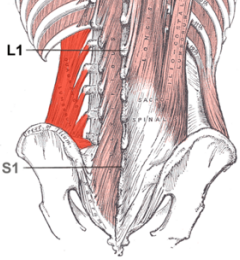
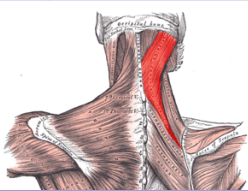
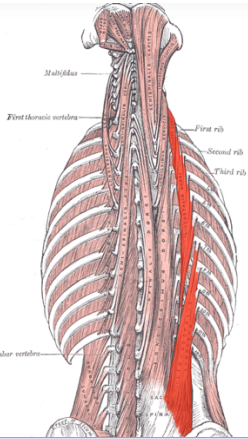
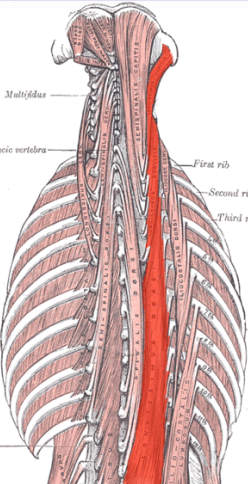
Region	Illustration
Above the arcuate line	
Below the arcuate line	



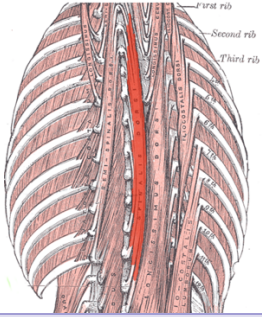
ÖVRE EXTREMITET

MUSKLER

Namn	Ursprung	Fäste	Funktion	Innervation
YTLIG RYGG				
M. Levator scapulae 	Proc. Transversus C1-C4	Angulus superior scapulae	Elevation av skulderbladet	N. dorsalis scapulae (C4-C5)
M. Rhomboideus minor 	Proc. Spinosus C7-T1	Margo medialis scapulae	Elevera, adducera och inåtrotera skulderbladet	N. dorsalis scapulae (C4-C5)
M. Rhomboideus major 	Proc. Spinosus T2-T5	Margo medialis scapulae	Elevera, adducera och inåtrotera skulderbladet	N. dorsalis scapulae (C4-C5)
M. latissimus dorsi 	1. Proc. Spinosus T7-L1 2. Fascia thoracolumbalis 3. Crista iliaca	Crista tuberculi minoris	PRIME MOVER – Extension i axelled Adduktion och inåtroteration i art. humeri	N. thoracodorsalis (C6-C8)
M. Teres major 	Margo lateralis	Crista tuberculi minoris	Adduktion, extension och inåtroteration i art. humeri	N. subscapularis (C4-C5)
M. Trapezius 	Pars descendens – Os occipitale Pars transversus – Proc. spinosus T1-T4 Pars ascendens – Proc. spinosus T5-T12	Pars descendens – Clavicula Pars transversus – Acromion Pars ascendens – Spina scapulae	Extension, lateralflexion och rotation av huvud och nacke , övre delen eleverar skuldran , mellersta delen adducerar skuldran , nedre delen sänker skuldran , övre och nedre delen	N. accessorius (Kranialnerv XI)

utåtroterar skulderbladet				
Quadratus lumborum 	Crista iliaca	Proc. transversus L1-L5 och costa 12	Sänker revbenen och lateralflexion av ryggraden	Nn. Intercostales och plexus lumbalis
M. Serratus posterior superior & inferior				Nn. intercostales
DJUPA RYGG				
M. Splenius 	Capitis – Proc. Spinosus C4-T3 Cervicis – Proc. Spinosus T3-T5	Capitis – Linea nuche Cervicis – Proc. Transversus C1-C2	Rotation och extension av huvud och hals	Rami dorsales nervi spinalis
M. iliocostalis 			Bilateral kontraktion: Extension av ryggraden Unilateral kontraktion: Lateralflexion av ryggraden	Rami dorsales nervi spinalis
M. Longissimus 			Bilateral kontraktion: Extension av ryggraden Unilateral kontraktion: Lateralflexion av ryggraden	Rami dorsales nervi spinalis

M. Spinalis



Bilateral kontraktion:
Extension av
ryggraden

Rami dorsales nervi
spinalis

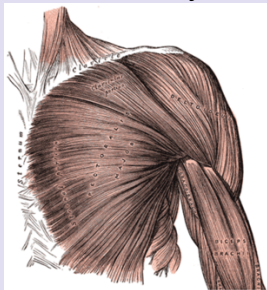
Unilateral
kontraktion:
Lateralflexion av
ryggraden

M. levator costae longus & brevis

Rami dorsales nervi
spinalis

BÅL

M. Pectoralis major



Pars claviculæ – Clavicula Tuberculum majus

Pars sternocostalis –
Sternum

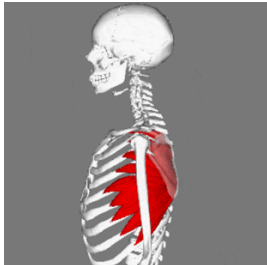
Pars abdominalis –
Rektusskidan

PRIME MOVER –
Adduktion och flexion
av **axelled**

Inåtrotation i **art.**
humeri

N. pectoralis (Lateral –
C5-C7 och medial – C8-
T1)

M. Serratus anterior



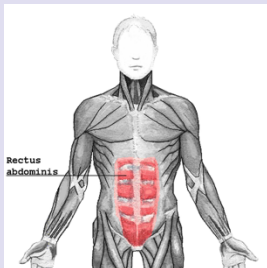
Costae 1-9

Margo medialis
scapulae

Håller **skulderbladet**
mot thoraxväggen

Thoracicus longus (C5-
C7)

M. Rectus abdominis

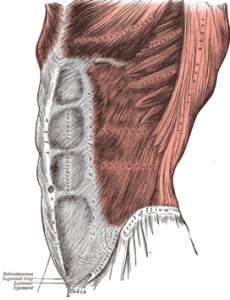
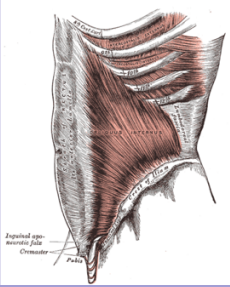
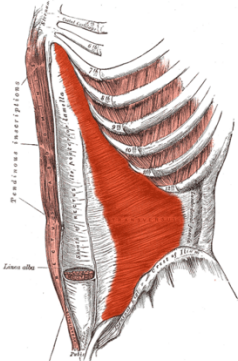
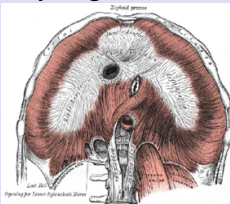


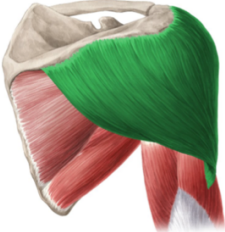
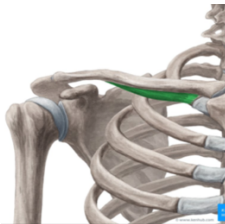
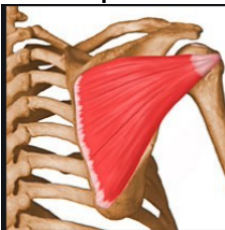
Crista pubica och
symphysis pubica

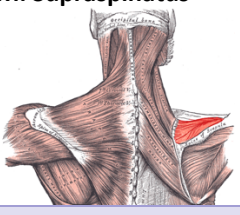
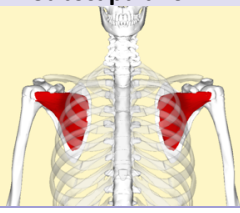
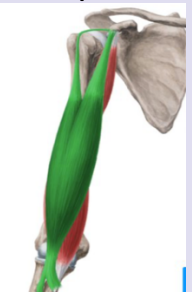
Revbensbrok
(costa 5-7) och
proc. xiphoideus

Flexion av **ryggraden**,
minska bukhålans
volym samt spänna
bukväggen

Nn. intercostales

M. Obliquus externus abdominis 	Lateralsidan av costa 5-12	Rektusskidan, linea alba och crista iliaca	Lateralflexion och rotation av ryggraden	Nn. intercostales
M. Obliquus internus abdominis 	Fascia thoracolumbalis och crista iliaca	Costa 10-12 och rektusskidan	Sänker revbenen , lateralflexion och rotation av ryggraden	Nn. intercostales
M. Transversus abdominis 	Crista iliaca och costa 7-12	Rektusskidan och linea alba	Ökar buktrycket (andningsmuskel)	Nn. intercostales
Mm. Intercostales externi (ytterst)	Revbenets underkant	Övre kanten av nedliggande revben	Höja revbenen vid inandning	Nn. intercostales
Mm. Intercostales interni (innerst)	Insidan av revbenets underkant	Övre kanten av nedanliggande revben	Sänka revbenen vid utandning	Nn. intercostales
Diaphragma 			Primär andningsmuskel	N. phrenicus (C3, C4 och C5)

RECTUSSKIDAN				
Rectusskidan skapas av aponeuroserna från tre stycken muskler (snea bukmuskulaturen). Det främre bladet går hela vägen mellan revben och symfys, medan det bakre slutar mellan naveln och symfys vid linea arcuata .				
AXEL				
M. Deltoideus 	Pars clavicularis – Clavicula Pars acromialis – Acromion Pars spinalis - Spina scapulae	Tuberositas deltoidea	PRIME MOVER – Abduktion av axelled Flexion och extension i art. humeri	N. axillaris
M. Pectoralis minor 	Costa 3-5	Proc. Coracoideus	Drar skulderbladet nedåt och framåt	N. pectoralis (Lateral – C5-C7 och medial – C8-T1)
M. Subclavius 	Costa 1 och dess revbensbrosk	Clavicula	Fixerar och depresserar (sänker) nyckelbenet	N. subclavius (C4-C5)
ROTATORKUFF				
M. Infraspinatus 	Fossa infraspinatus	Tuberculum majus	PRIME MOVER – Utåttrotation av axelled Utåttrotation av och stabiliserar art. humeri	N. suprascapularis (C5-C6)
M. Teres minor 	Margo lateralis	Tuberculum majus	Utåttrotation och fixation i art. humeri	N. axillaris

M. Supraspinatus 	Fossa supraspinata	Tuberculum majus	Abduktion i art. humeri och centrerar caput humeri i cavitas glenoidalis	N. suprascapularis (C5-C6)
M. Subscapularis 	Fossa subscapularis	Tuberculum minus	PRIME MOVER - Inåtrotation Stabiliserar art. humeri	N. subscapularis (C4-C5)
ÖVERARMEN				
M. Coracobrachialis 	Proc. Coracoideus	Humerus	Flexion och adduktion av art. humeri	N. musculocutaneus
M. Brachialis 	Humerus	Tuberositas ulnae	Flexion av art. Cubiti i pronerat läge	N. musculocutaneus
M. Biceps brachii 	Caput longum – Tuberculum supraglenoidale Caput breve – Proc. coracoideus	Tuberositas radii	Flexion i art. humeri och cubiti samt SUPINATION av art. radio-ulnaris	N. radialis

M. Triceps brachii



Caput longum –
Tuberculum
infraglenoidale

Caput mediale - Humerus

Caput laterale - Humerus

Olecranon

Extension i art. Cubiti
och extension samt
adduktion i art.
humeri (longum)

N. musculocutaneus

ARMEN

NERVER

Detta är viktigt att ha koll på (samma ordning som i Brachialplexat) → TYPISKT PÅ PRAKTISKA

Musculocutaneus – Utspringer från fasciculus lateralis. Går egentligen bara halvvägs på humerus där den perforerar M. coracobrachialis för att sedan löpa lateralt om N. Medianus. Förgrenar sig sedan och medför kutan innervering **lateral** **anti brachii**. N. musculocutaneus innerverar:

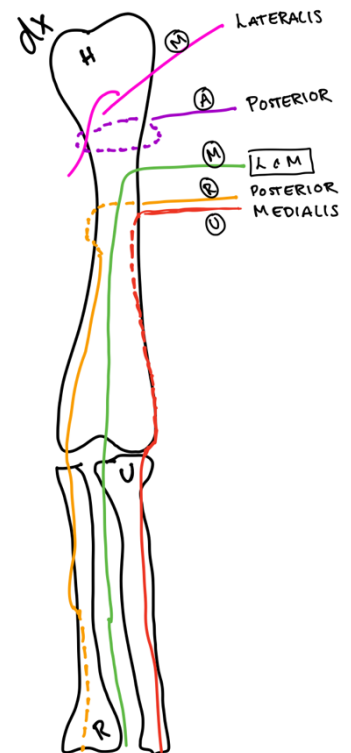
- » M. coracobrachialis
- » M. brachialis
- » M. Biceps brachii
- » Kutant i underarmen

Axillaris – Urspringer från fasciculus posterior där den löper framför M. subscapularis och längs denna ned till skulderbladets margo lateralis. Går längs med **A. Circumflexa** (förgrening av A. Axillaris), runt *collum Chirurgicum*.

- » M. Deltoideus
- » M. Teres Minor
- » Kutant vid axelregionen

Medianus – Utspringer från medianusgaffeln och löper anteriort hela vägen ned till handen tillsammans med **A. Brachialis**. När sedan handen genom att passera Canalis carpi. De strukturer som innerveras av medianus är:

- » Underarmens flexormuskler
- » Kutant i handflatan



Radialis – Utspringer från fasciculus posterior. Går in dorsalt om humerus och cirkulerar runt till sulcus nervi radialis som ligger anteriort på humerus. Följer därefter **A. Radialis** under armvecket **tills** den avviker närmare handleden då den återigen cirkulerar runt och innerverar framsidan. Radialisnerven innerverar:

- » Extensorer överarm
- » Extensorer underarm
- » Kutant på handryggen

Ulnaris – Urspringer från fasciculus medialis och Går därefter medialt/posteriort (men ej dorsalt om triceps). Vid *sulcus nervi ulnaris* går nerven **ytligt** och går därmed riktigt ont om man slår i den. Parar sig här med **A. Ulnaris** och går tillsammans genom Canalis Ulnaris (Guyons kanal) vid handleden. Ulnaris innerverar:

- » M. flexor carpi ulnaris
- » M. flexor digitorum profundus (phalang 4-5)
- » Interosseer
- » Lumbricaler
- » Kutant lillfinger samt halva ringfingret

ÖVERARM

LEDER

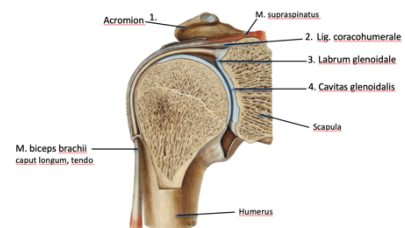
Sternoclavicularled → sitter mellan sternum och claviclen, genom facies art sternalis

Acromioclavicular → sitter mellan scapulas acromion, genom facies art acromialis

GLENOHUMERALLED

Även så kallas Art. Humeri är den stora leden i skuldergördeln. Det är en av kroppens rörligaste leder, detta främst på grund av ledens utformning. Ledhuvudet **caput humeri** ledar mot ledpannan **cavitas glenoidalis**.

Axelleden, **art. glenohumeralia**, hålls på plats/stabiliseras av 4 faktorer:

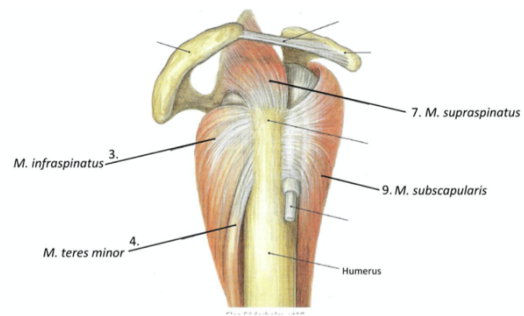


SKELETTET

Labrum (cirkulära ligament som går leden mer skållik/djup). Förtjockningen är framförallt anteriort. Ledkapseln och dess ligament (lig. glenohumoralis)

ROTATORCUFFEN

Rotatorcuffens syfte är att "suga fast ledkulan mot ledpannan". Då **art. Glenohumeralis** alternativt **art. Humeri** är en väldigt instabil led krävs det extra support av ett gäng muskler som håller dem samma. Dessa muskler utgår allihopa från skulderbladet och fäster in på **Tuberculum Majus**. Undantaget här är subscapularis som fäster in på **Tuberculum minus**.



MINNESRAMSA: Sup Inte Tre Subenheter

Namn	Funktion	Ursprung	Fäste	Innervering
M. Supraspinatus	Abduktion	Fossa supraspinata	Tuberculum Majus	N. Suprascapularis
M. Infraspinatus	Utåtrotation	Fossa infraspinata	Tuberculum Majus	N. Suprascapularis
M. Teres Minor	Utåtrotation	Margo Lateralis	Tuberculum Majus	N. Axillaris
M. Subscapularis	Inåtrotation	Fossa subscapularis	Tuberculum Minor	N. Subscapularis

För att minnas vad de olika musklerna gör finns det så kallade pennticket.
Låt pennan symbolisera Humerus som du håller pennan i. Observera sedan hur pennan rör sig beroende på vilka fingrar du rör på.

"Håll i en penna!"
Tummen – subscapularis
Pekfingret – supraspinatus
Långfingret – infraspinatus
Ringfingret – teres minor



MUSKLER SOM GER KRAFT

M. pectoralis major löper från sternum till laterala humerus och ger mycket kraft till armen. Särskilj denna från m. pectoralis minor som är mindre och fäster på scapula!

M. latissimus dorsi löper posteriort, från fascia thoracolumbalis till mediala humerus och ger även den mycket kraft!

M. deltoideus har olika portioner och kommer gemensamt att ge mycket kraft till axelleden:

- » Ventral del → flexion (pars clavicularis)
- » Lateral → abduktion (pars acromialis)
- » Posterior → extension (pars spinalis)

FLEKTORER

M. coracobrachialis (fäster medialt på humerus) och **M. biceps brachii** (fäster på tuberositas radii) innerveras båda av n. musculocutaneus.

Båda ursprungar från proc. coracoideus på scapula förutom det långa huvudet på biceps brachii (som fäster på tuberculum supraglenoidale). Detta urspringer superiort om cavitas glenoidea (där senan löper längs humerus i sulcus intertubercularis).

EXTENSORER

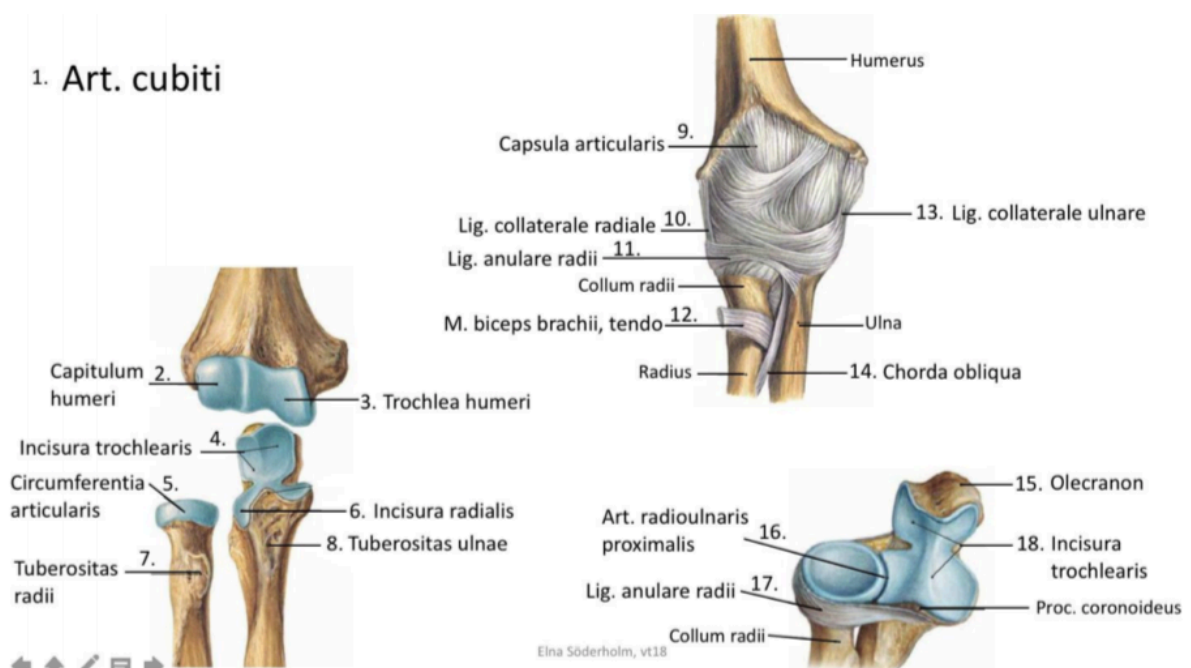
M. triceps brachii med sina 3 huvuden fäster på olecranon ("armbågen") och ger extension i axelleden/för överarmen.

KÄRL

När **a. subclavia** passerar under m. pectoralis minor senan byter den namn till **a. axillaris**. När denna passerar m. teres major senan byter den namn till **a. brachialis**.

Från a. axillaris avgår två circumflexa-kärl som löper runt humerus.

ARMBÅGEN



Art. Cubiti består av tre olika synovialleder

1. **Art humero-radialis** – gångjärnsled (egentligen en liten kulle, men med begränsad rörlighet)
2. **Art humero-ulnaris** – gångjärnsled (den egentliga armbågsleden)
3. Art. Radioulnaris proximalis - vridled

Om man ser till alla leder kan extension-flexion ske (0–150 grader) och Supination-pronation (0-160). Leden kallas **Capsula articularis**.



ART. RADIOULNARIS PROXIMALIS

- » Ledhuvud → caput radii
- » Ledpanna → capitulum radii

Det finns även en Art. Radioulnaris distalis, men den ingår i handleden, som även den är en vridled.

Leden fungerar på så vis att det sker en rörelse mellan ulna och radius samtidigt i distal och proximal led. Radius kommer att vridas kring ulna vilket kallas pronation och supination.

- » **Pronerar**; distala radius vrids kring caput ulnae → handens dorsalsida pekar uppåt
- » **Supinerar**: radius och ulna blir åter parallella

LEDKAPSEL

Alla tre delar i armbågsleden har en gemensam fibrös ledkapsel. Ledens funktion som en gångjärnsled syns på kapseln då den är stram på sidorna (ulnart och radiallyt), samt tunn och slapp på fram- och baksidan. Insidan av ledkapseln samt de intrakapsulära bandena kläs av synovialmembranet.

LIGAMENT

Ligament	Funktion
Lig. Collaterale radiale	Armbågsstabilitet. VIKTIGAST!
Lig. Anulare	Håller caput radii på plats i förhållande till proximala ulna (art. Radioulnaris radii)
Lig. Collaterale ulnare	Minskar också armbågens rörelser i fel håll

Collateralligament stabiliserar leden genom att trycka radius och ulna tätt intill varandra. Detta gör att m. biceps brachii och m. brachialis som har sitt fäste på radius kan dra leden anteriort jämfört med m. triceps brachii som drar leden posteriort (genom att vara fäst på olecranon). Observera att de laterala kollateralligamenten är mer viktiga än de mediala.

ARMBÅGENS RÖRELSE

Rörelse	Muskler involverade
Pronation	Pronator teres och pronator quadratus (brachioradialis om man utgår från supinerat läge)
Supination	M. biceps brachii och M. supinator (brachioradialis om man utgår från pronerat läge)
Extension	M. Triceps Brachii, anconeus
Flektion	M. biceps brachii, m. brachialis, pronator teres + brachioradialis

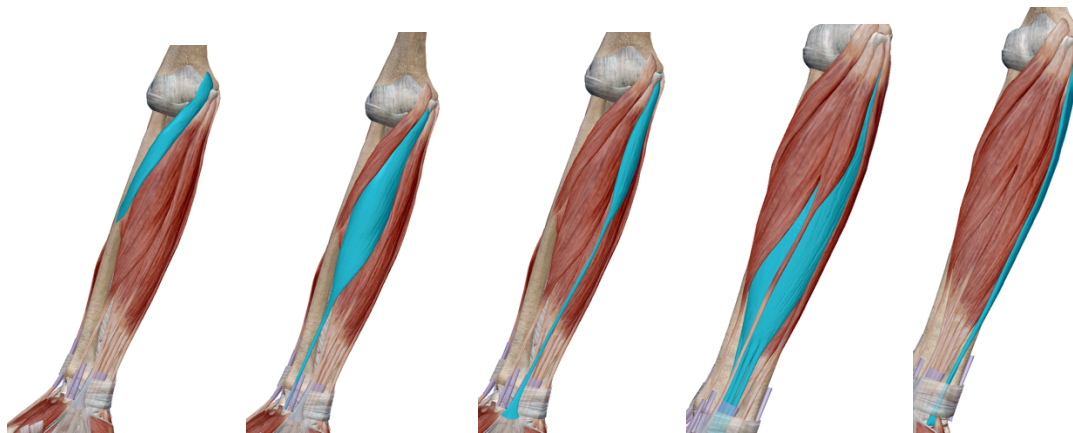
UNDERARMEN

YTTLIGA FLEXORER

PROTEST I RADION, PALME DIGGAR ULLSTEN

Namn	Ursprung	Fäste	Funktion	Innervering	Övrigt
M pronator teres	Epicondylus medialis och processus coronoideus (på ulna)	Radius	Pronation i armbågsleden	N medianus	Protest
M flexor carpi radialis	Epicondylus medialis humeri	Basen av metacarpalben II	Flektion och radialdeviation i handleden	N medianus	Radion
M palmaris longus	Epicondylus medialis humeri	Kommer löpa ut och bilda aponeurosis palmaris	Flektion i handleden men den kommer även spänna palmaraponeurosen	N medianus	Palme
M flexor digitorum superficialis	Epicondylus medialis humeri, processus coronoideus, radius	Phalanx intermedia II till V	Flektion i MCP-led, handleden och PIP-leden	N medianus	Diggar
M flexor carpi ulnaris	Epicondylus medialis	Os pisiforme	Flektion i handleden och ulnardeviation	N ulnaris	Ullsten

- » Alla innerveras av N. Medianus FÖRUTOM den som heter Ulnaris. Den innerveras självklart av N. Ulnaris
- » **ALLA** fäster vid den mediala epicondylen → länka samman detta med att dessa innerveras av medianus.

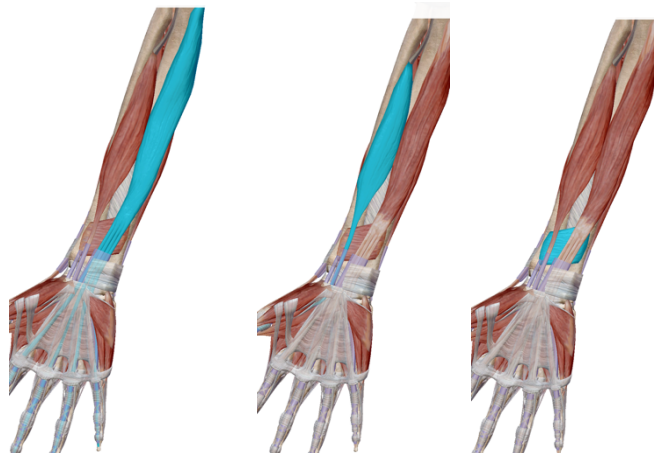


DJUPA FLEXORER

Namn	Ursprung	Fäste	Funktion	Innervering	Övrigt
M flexor digitorum profundum	Ulna, membrana interossei, processus coronoideus	Basen av phalanx distalis II till V	Flektion i handled, MCP-led, DIP-led och PIP-led	N medianus och ulnaris	Proffs
M flexor pollicis longus	Radius och membrana interossea	Phalanx distalis I på tummen	Flektion i handled och tumme	N medianus	Polis
M pronator quadratus	Ulna	Radius	Pronation av underarmen	N medianus	

PROFFS POLIS I KVADRAT

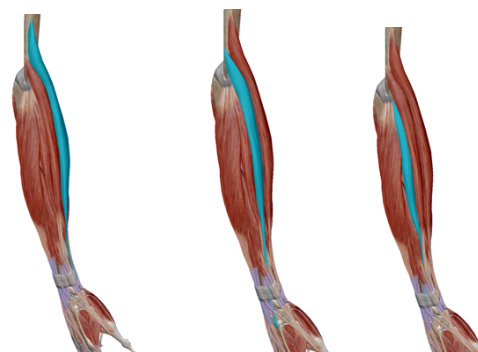
- » Ligger mitt i armen



EXTENSORER – RADIELL GRUPP

MINNESREGEL: BRA ATT VARA EXTRA LÅNG, EXTRA KORT

- » ALLA extensorer innerveras av radialis
- » Brachioradialis är lite av ett undantag, leder till flexion av armbågen



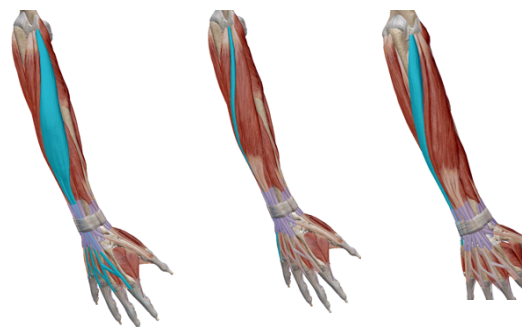
Namn	Ursprung	Fäste	Funktion	Innervering	Övrigt
M brachioradialis	Humerus	Processus styloideus radii	Flexion av armbågen	N radialis	Bra
M extensor carpi radialis longus	Lateral epicondylen	Andra metacarpalbenet	Extension och radialdeviation i handled	N radialis	Extra Lång
M extensor carpi radialis brevis	Lateral epicondylen	Andra metacarpalbenet	Extension och radialdeviation i handled	N radialis	Extra Kort

YTLLIG DORSAL GRUPP

Namn	Ursprung	Fäste	Funktion	Innervering	Övrigt
M extensor digitorum	Epicondylus lateralis	Phalanx distalis	Extension i fingrar II till V samt i handleden	N radialis	Diggar
M extensor digiti minimi	Epicondylus lateralis	Lillfingrets distala phalang	Extension i lillfingret	N radialis	Diggat Lite
M extensor carpi ulnaris	Lateral epicondylen	Proximalt på metacarpal III	Extension och ulnardeviation	N radialis	Carpari

MINNESREGEL: DIGGAR, DIGGAR LITE, CARPAR I UBÅTEN

» ALLA extensorer innerveras av N. Radialis

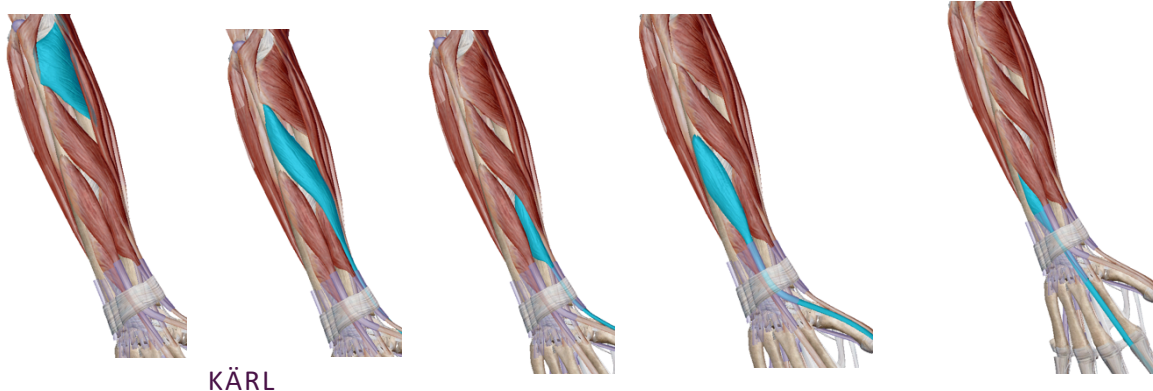


DJUP DORSAL GRUPP

Namn	Ursprung	Fäste	Funktion	Innervering	Övrigt
M supinator	Epicondylus lateralis	Radius	Supination	N radialis	Supande
M abductor pollicis longus	Membrana interossea samt ulna och radius	Os metacarpi I	Abduktion av tummen i MCP-leden	N radialis	Abedissa
M extensor pollicis breve	Radius	Phalanx proximale I	Extension av tummens MCP och PIP-led	N radialis	Polisanmälare - kort
M extensor pollicis longus	Ulna	Phalanx distalis I	Extension av tummens	N radialis	Polisanmälare - lång
M extensor indicis	Membrana interossea och ulna	Pekfingret	Extension av pekfingret	N radialis	Indian inbrottstjuv

MINNESREGEL: SUPANDE ABEDISSA POLISANMÄLER KORT LÅNG INDIAN

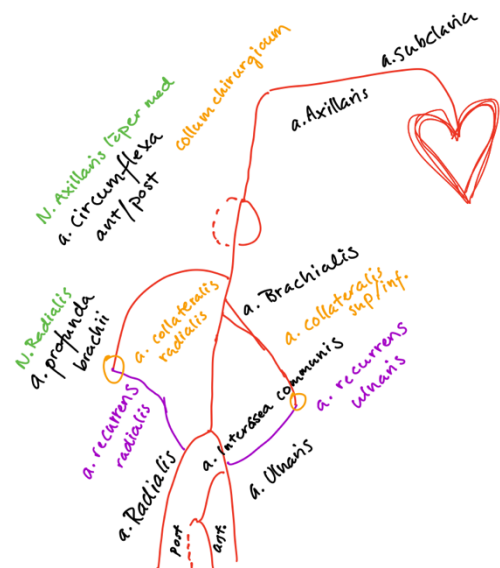
- » ALLA extensorer innerveras av N radialis



KÄRL

A. brachialis kommer efter armbågsleden att dela upp sig i **a. radialis** och **a. ulnaris**.

- » Från a. ulnaris kommer kort efter delningen en gren kallad **a. interossea communis** att löpa ut, vilken sedan delar sig i en anterior och en posterior gren. Dessa löper längs med membrana interossea. På ulnarsidan kommer ytterligare en gren löpa ut och uppåt, vilken kallas för **a. recurrens ulnaris**. Denna artär går ihop och bildar en **anastomos** med **a. collaterale ulnaris superior och inferior** (vilka kommer ovanifrån från a. brachialis).
- » Från a. radialis kommer en **a. recurrens radialis** utgå uppåt och bilda en **anastomos** med **a. collaterale radialis** (från brachialis).



HANDEN

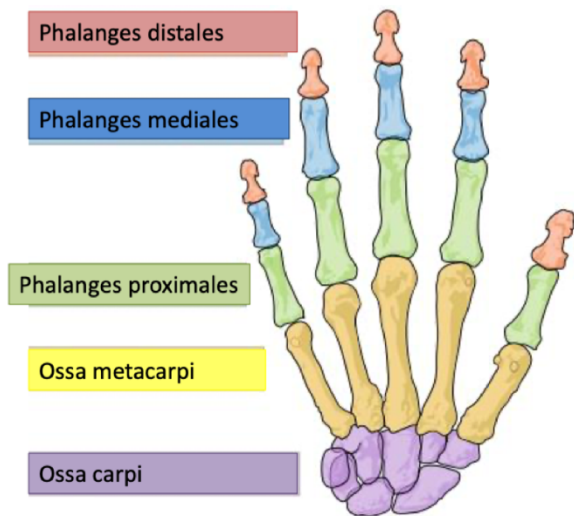
SKELETT

Handens ben kan delas in i tre undergrupper:

Karpalben (ossa carpi) – Åtta stycken ben lokaliserade närmast handleden. Av dessa är ett ben, **os pisiform**, ett sesamben och ett ben, **os hamatum**, har en hake som är muskelfäste för m. extensor digiti minimi samt m. opponens digiti minimi.

Mellanben (ossa metacarpi) – Är fem till antalet, där metacarpi I tillhör tummen och metacarpi V tillhör lillfingret. Tillsammans med karpalbenen utgör dessa **handflatan**.

Fingrar (ossa digitorum/phalanges) – Består av tre delar, förutom tummen som enbart består av två. Närmast handflatan hittas phalanges proximales, följt av phalanges mediales och till sist phalanges distales. Tummen SAKNAR phalang medialis.



LEDER

Art. radiocarpalis – Leden mellan underarmen och handen.

Rörelse	Muskler involverade
Palmarflexion	M. flexor carpi radialis och ulnaris, m. flexor digitorum superficialis och profundus samt palmaris longus.
Dorsalflexion	M. extensor digitorum, m. extensor carpi radialis brevis och longus samt ulnaris.
Radialdeviation	M. flexor carpi radialis, m. extensor carpi radialis longus samt m. extensor pollicis longus.
Ulnardeviation	M. flexor carpi ulnaris, m. extensor carpi ulnaris, m. extensor digiti minimi

Artt. Carpometacarpales – Lederna mellan karpalbenen och enskilt de fem metakarpalbenen.

Art. metacarpophalangea (MCP-led) – Leden vid knogarna, vilket innebär mellan metacarpi och phalangea proximalis.

Art. Interphalangea manus proximalis (PIP-led) – Leden mitt fingrarna mellan phalangea proximalis och medialis. **OBS! Inte i tummen.**

Art. Interphalangea manus distalis (DIP-led) – Yttersta leden på fingrarna mellan phalangea medialis och distalis. **OBS! Inte i tummen.**



Art. Interphalangea (IP-led) – Finns ENBART i tummen och hittas mellan phalangea proximalis och distalis.

LIGAMENT

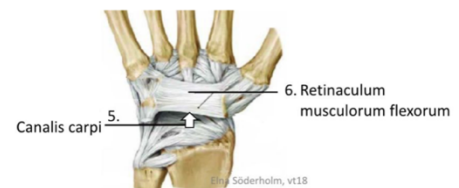
Två viktiga ligament värda att känna till är:

- » **Lig. collaterale carpi radialis** – Har i uppgift att begränsa ulnardeviation.
- » **Lig. collaterale carpi ulnaris** – Har i uppgift att begränsa radialdeviation.

CANALIS CARPI

Carpaltunneln är ett trångt utrymme på den palmara sidan av handleden som innefattar:

- N. Medianus
- M. Flexor digitorum profundus
- M. Flexor digitorum superficialis
- M. Flexor Pollicis longus



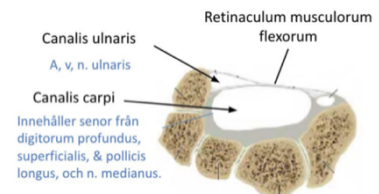
Denna kommer att begränsas av

- ⇒ **Retinaculum musculorum flexorum** (tänk: ljuset i tunneln för muskel flexorerna)
- ⇒ Ossa carpi

CANALIS ULNARIS

Ovanför Canalis Carpi finns en mindre hålighet som kallas Canalis Ulnaris. Här igenom får a. v. n. Ulnaris. Detta utrymme kommer att begränsas av:

- ⇒ Retinaculum muculorum flexorum
- ⇒ **Lig. Palmare carpi** som bildar taket.



PALMARAPONEUROSEN

Palmaraponeurosen bildas från **M. palmaris longus** → senan kommer att fortsätta som en bindvävsplatta som förankrar huden som ligger ovanför. Dessutom fäster det i **retinaculum musculorum flexorum**.

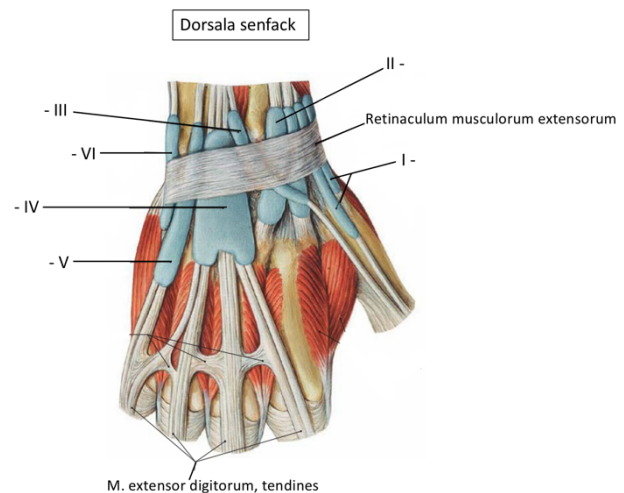
DORSALA SENFACKEN

I och med att facken ligger dorsalt kan vi direkt förstå att det är extensorerna som kommer att ingå i dessa fack. Över dem ligger ett dylikt ligament som på andra sidan som omsluter Canalis Capri. Här kommer ligamentet heta:

- ⇒ Retinaculum Musculorum Extensorum

När man tittar på dorsalfacken räknar man från **tummen** och det finns 6 stycken innehållandes **8 muskler**.

- I. M. Abductor Pollicis Longus
M. Extensor Pollicis Brevis
- II. M. Extensor Radialis Longus och Brevis
- III. M. Extensor Pollicis Longus
- IV. M. Extensor Digitorum
M. Extensor Indicis
- V. M. Extensor Digiti minimi
- VI. M. Extensor carpi ulnaris

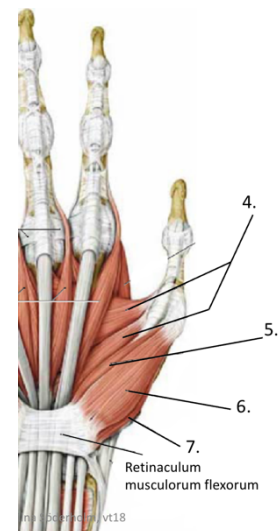


THENAR – TUMMENS MUSKELGRUPPER

MINNESREGEL: ALL FOR ONE AND...

Thenarlogen är en grupp om 4 muskler i tummen på palmarsidan och styr tummens finmotorik.

- » **M. Adductor Pollicis (4)** – Fäster in på den proximala phalangen i pollicis.
- » **M. Flexor Pollicis brevis (5)** – Ger flektion i MCP-leden. Har sin Longus bland de djupa flexorerna i det dorsala senfack I.
- » **M. Opponens Pollicis (7)** – Utför en opponering. Löper ut till metacarpalbenet.
- » **M. Abductor Pollicis brevis (6)** – Har sin longus bland de djupa extensorerna. Fäster in mest radiellt.



Notera att **M abduktor pollicis brevis** fäster in MEST RADIELT och är därmed den sista i ramsan TROTS att det ser ut som **opponens** ligger mer radiellt.

HYPOTHENAR – LILLFINGRETS MUSKELGRUPPER

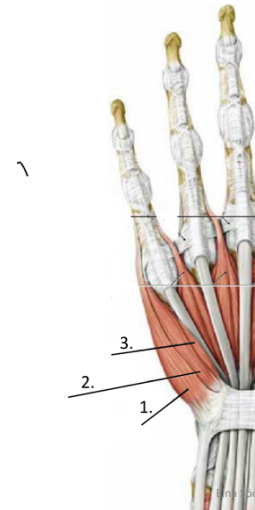
MINNESREGEL: ...ONE FOR ALL

Även digiti minimi har lite extra rörlighet jämfört med phalang 2-4. Detta tack vare (sett nedifrån och upp.

- » **M. Opponens Digiti Minimi** (3) – Sitter under flexormuskeln. Enbart funktion i carpometacarpalleden (MCP)
- » **M. Flexor Digiti minimi brevis** (2) – Löper ut till den proximala phalangen. Ger flektion i alla leder.
- » **M. Abductor Digiti minimi** (1) – Sitter mest ulnart.

Lillfingret saknar en **adduktormuskel** eftersom lillfingret adduceras av **interosseerna**.

OBS! Notera att abduktor musklerna, både thenart och hypothenart, sitter mest lateralt av alla musklerna i grupperna.



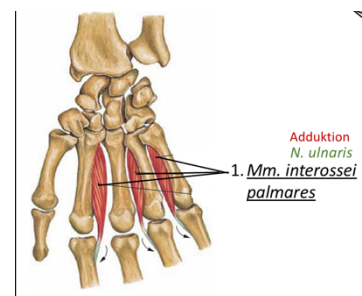
INTEROSSEERNA

Här har vi ett gäng muskler som sitter **mellan metacarpalbenen** och fäster på **dorsal aponeurosis**. Dessa har till funktion att adducera och abducera phalang I-V

MM INTEROSSEI PALMARES

MINNESREGEL: IPAD3 → Interosseer Palmart – Adduktion – 3 st

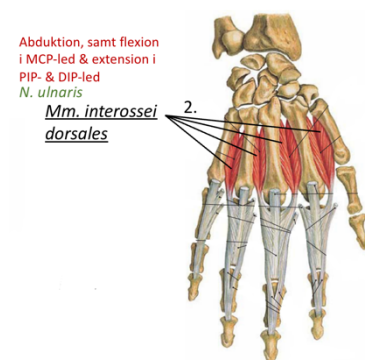
- » Innerveras av N. Ulnaris
- » Sitter vid phalang II, IV, V
- » Uniponära – utgår från en phalang



MM INTEROSSEI DORSALES

MINNESREGEL: IDAB 4 → Interosseer – Dorsalt – Abduktion – 4 st

- » Innerveras av N. Ulnaris
- » Har även en extenderande funktion i DIP och PIP led
- » Biponära – utgår från två phalanger

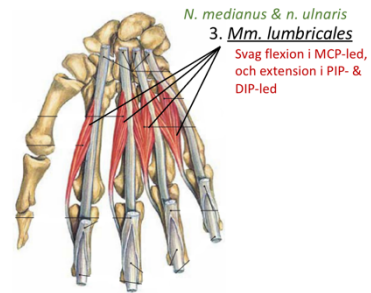
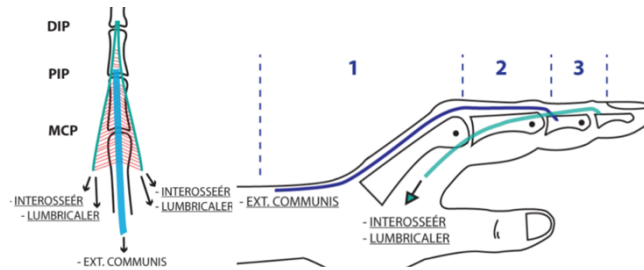


LUMBRICALER

Lumbrikalerna består av 4 stycken muskler som utgår från mm. Flexor digitorum profundus. De ligger palmar och går längs fingrarnas radiella sida. De fäster in på dorsal aponeurosis på phalang II-V dvs alla utom tummen.

- » Ger flektion i MCP-led och Extension i DIP och PIP-led

» Innerveras av N. Medianus och N. Ulnaris



NERVER

Motorisk innervering i handen står n. medianus (från canalis carpi) och n. ulnaris (canalis ulnaris) för. Båda två kommer att förgrena sig i höjd med handflatan till först nn. digitales palmares communis, för att sedan slutligt övergå till nn. digitales palmares propriae (ute i fingrarna).

Medianus innerverar:

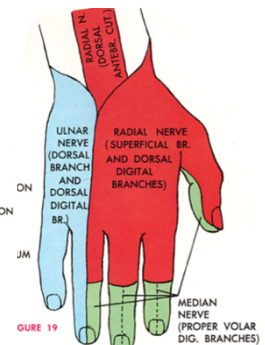
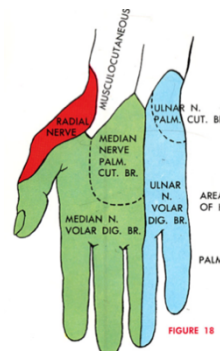
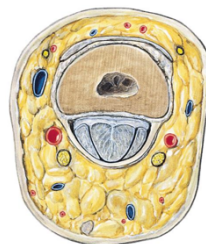
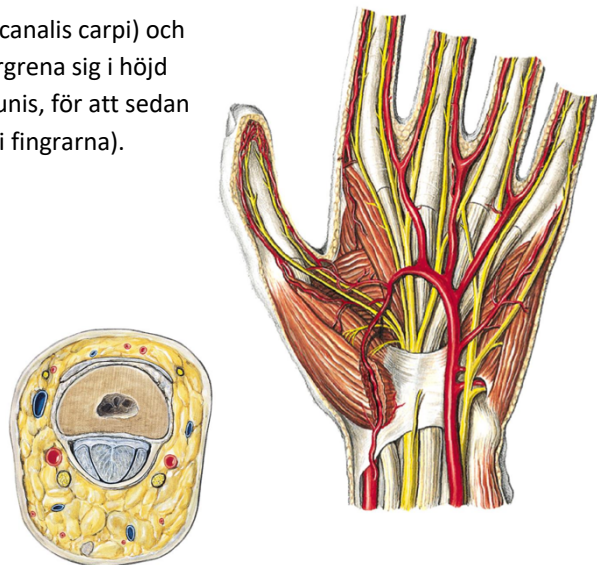
- » M. abductor pollicis brevis
- » M. flexor pollicis brevis (ytligt huvud)
- » M. opponens pollicis
- » Lumbrical 1-2

Resterande muskler innerveras av ulnaris:

- » M. adductor pollicis
- » M. flexor pollicis brevis (djupt huvud)
- » Lumbrical 3-4
- » Samtliga interosseer
- » Hypothenarmuskler

Sensorisk innervering utgörs av n. medialis, n. ulnaris och n. radialis enligt bilderna till höger.

OBS! Till höger syns ett tvärsnitt av ett finger, där en artär och en nerv går i varje kvadrant.



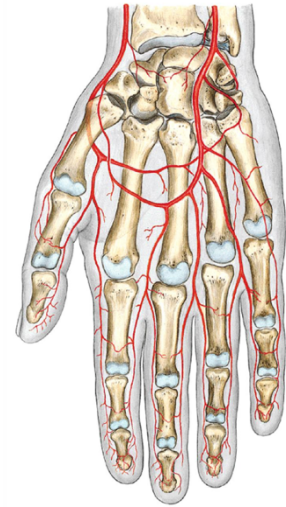
KÄRL

Till handen når de två stora artärerna **a. radialis** och **a. ulnaris**, vilka kommer att **anastomosera** i handen genom två stycken kärlbågar.

A. ulnaris – Löper genom canalis ulnaris och kommer bilda **arcus palmaris superficialis**. Denna båge fortsätter ner i mitten av metacarpalbenen under Palmaraponeurosen. Därifrån skickar den sedan ut kärl till fingrarna kallade **aa. digitales palmares communis**, vilka därefter väl ute i fingrarna förgrenar sig till **aa. digitales palmares propriae**.

A. radialis – Går runt tummen på dorsalsidan (kan palperas i fossa tabatiere), varifrån kärlet förgrenas i tre:

- » Arcus palmares profundus → aa. metacarpales palmares, vilka utgår vid metakarpalbenen proximalt.
- » A. principis pollicis
- » A. radialis indicis



Venerna i handen kan variera i stor grad hos olika individer och är därför inte värda att lära sig. Handens vener kommer dock att tömma sig i **v. cephalica**.

UNDRE EXTRIMITET

HÖFT OCH ÖVERBEN

Bäckenet utgörs av 2st os. coxae som i sin tur utgörs av 3st ben:

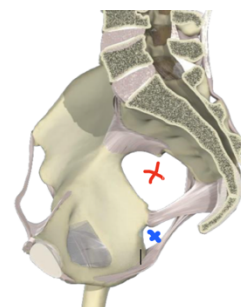
- » Os ilium
- » Os pubis (blygdbenet)
- » Os ischii (sittbenet)

LIGAMENT

Sacrum är tiltat vilket för att det kommer att vilja falla framåt. För att motverka detta har vi två starka ligament:

- » Lig. Sacrospinale
- » Lig. Sacrotuberale

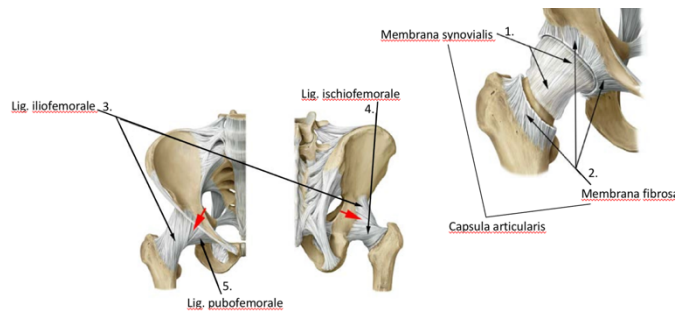
Dessa ligament kommer tillsammans bilda foramen Ischiadicum **minus** och **majus**.



ART. COXAE

Är en kuled som har tre viktiga ligament som håller höften stabil, främst i ett utsträckt läge då ligamenten är tvinnade. Anledningen till att de är tvinnande har embryologisk förklaring då det sker en rotation av benen. Skulle höftleden luxera kommer även ligamenten att skadas.

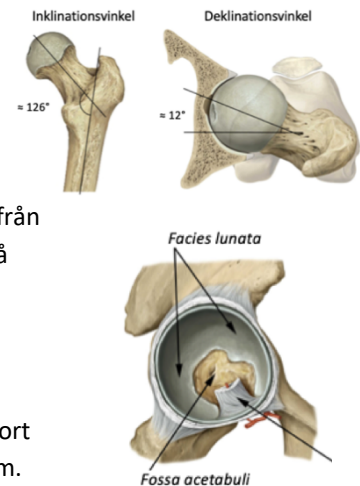
- ⇒ Lig. Iliofemorale
- ⇒ Lig. Ischiofemorale
- ⇒ Lig. Pubofemorale



Här hittar man dessutom **Lig. Capitis femoris** som knappt har någon mekanisk funktion. Däremot har vi ett blodkärl, a. obturatoria, som försörjer caput femoris innan epifysplattorna växer samman.

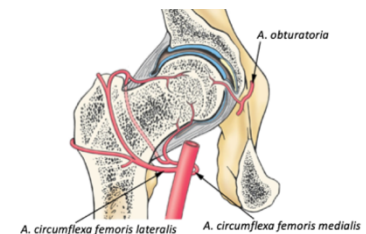
I och med att det är en **äkta led** finns det ett synovialmembran som urspringer från höftbenet och fäster in men viker sig och fäster igen mellan collum och caput på femur.

Caput femur kommer att leda mot fascies lunata i acetabulum genom en **inklinationsvinkel** på ca 126° samt en **deklationsvinkel** som gör att caput går i acetabulum "bakifrån". Detta medför att belastningen på caput kommer superiort vilket ger sig tillkänna genom **fossa acetabuli** som är en broskfri del i acetabulum.



BLODFÖRSÖRJNING AV HÖFTEN

Det är sällan som blodförsörjningen ställer till det i andra leder förutom i höftleden. Från A. femoralis kommer A. profunda att utgå ifrån. Utifrån A. profunda kommer två grenar, A. Circumflexa femoris medialis och lateralis att svänga runt collum femoris. Detta leder till att gamla människor ofta får en protes istället för att försöka "sätta ihop" lårbenet igen.



ANTERIORA GRUPPEN

M pectineus	Pecten ossis pubis (os pubis)	Nedanför trochanter minor	Flektion och adduktion i höftleden	N femoralis och n obturatorius	
M sartorius	SIAS (spina iliaca anterior superior)	Pes anserinus (tillsammans med m semitendinosus och gracilis)	Flektion och utåtrotation i höften samt flektion och inåtrotation i knäleden.	N femoralis	Kallas för "skräddarmuskeln"
M rectus femoris	SIAI (spina iliaca anterior inferior)	Tuberositas tibiae (via patellaseenan)	Extension i knäled samt	N femoralis	Ingår i m quadriceps femoris
			viss flektion i höftled		
M vastus medialis	Linea intertrochanterica, femur	Tuberositas tibiae (via patellaseenan)	Extension i knäled	N femoralis	Ingår i m quadriceps femoris
M vastus lateralis	Trochanter major, femur	Tuberositas tibiae (via patellaseenan)	Extension i knäled	N femoralis	Ingår i m quadriceps femoris
M vastus intermedius	Fram- och lateralsidan på femur	Tuberositas tibiae (via patellaseenan)	Extension i knäled	N femoralis	Ingår i m quadriceps femoris

- » Alla innerveras av **N. femoralis**
- » **PRIME MOVER** quadriceps dvs rectus och vastus x3 är prime movers i extension i knäled.

ADDUKTORLOGEN/MEDIALA GRUPPEN

I denna grupp finns 6 stycken muskler. Alla innerveras av **N. Obturatorius** som lämpligt nog betyder stängt.

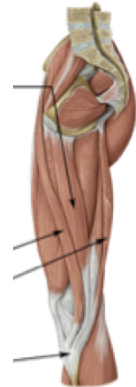
Namn	Ursprung	Fäste	Funktion	Innervering	Övrigt
M pectineus	Pecten ossis pubis (os pubis)	Femur	Adduktion samt lite flektion och utåtrotation i höftleden	N femoralis och n obturatorius	
M adductos longus	Os pubis	Femur	Adduktion och viss flektion i höftleden	N obturatorius	
M adductor brevis	Os pubis	Femur	Adduktion och viss flektion i höftleden	N obturatorius	
M adductor magnus	Os pubis	Femur	Adduktion och viss flektion i höftleden	N obturatorius	Adductor magnus kommer ha ett hål som heter <i>hiatus adductorius</i> genom det kommer arteria femoralis löpa
M gracilis	Os pubis	Pes anserinus (tillsammans med m semitendinosus och sartorius)	Adduktion i höftleden men till även viss del flektion. Bidrar även med flektion och inåtrotation i knäleden.	N obturatorius	
M obturatorius externus	Membrana obturatoria	Fossa trochanterica	Adduktion av höftleden	N obturatorius	

- » M. gracilis kommer att passera knäleden tillskillnad från de andra adduktorerna. Dess funktion är inte viktigast för knät.

PES ANSERINUS

Är ett gemensamt muskelfäste för tre muskler **medialt** vid knäleden.

- ⇒ **M. Sartorius** som går snett över anteriora delen av låret och tillhör den anteriora gruppen
- ⇒ **M. Semitendinosus** tillhör den posteriora gruppen (hamstrings) och går medialt om biceps femoris caput longum.
- ⇒ **M. Gracilis** som tillhör den mediala gruppen (adduktorer) och går längs med insidan på låret.



Bilden visar INSIDAN på låret.

GLUTEUSMUSKULATUR

Här har vi en grupp stora posteriora muskler.

- ⇒ Alla innerveras av **N. glutea inferior/superior** som härstammar från plexus sacralis.
- ⇒ Gluteus Maximus är viktigast vid **extension** medan de djupare gluteala musklerna är viktigare vid **abduktion**. Används från flekterat läge så som vid trappor.

Namn	Ursprung	Fäste	Funktion	Innervering	Övrigt
M gluteus medius	Crista iliaca (os ilium)	Trochanter major	Abduktion samt viss inåt- och utåtrotation i höftleden	N gluteus superior	
M gluteus maximus	Crista iliaca, os sacrum, os coccygis	Femur och tractus iliotibialis	Kraftfull extension i höftleden samt viss abduktion och adduktion	N glutetus inferior	Det är kroppens starkaste muskel med störst genomskärningsyta. Hamstrings tar hand om "vanlig" extension som när man går normalt.
M glutetus minimus	Facies glutea	Trochanter major	Abduktion och inåtrotation i höftleden	N glutetus superior	
M tensor fasciae lata	Spina iliaca anterior superior (SIAS)	Tractus iliotibialis	Flektion och inåtrotation i höften samt stabiliserar benet i flekterat läge. Det kommer även spänna upp fascia lata.	N glutetus superior	"löparmuskeln", det är i den här man får ont när man får löparknä

KORTA UTÅTROTATORER

MINNESREGEL: P GO Get Q

Denna grupp kan klassas som att den tillhör glutealregionen.

Namn	Ursprung	Fäste	Funktion	Innervering	Övrigt
M piriformis	Os sacrum, framtill	Trochanter major	Utåttrotation i höftled	Plexus sacralis	Delar foramen ischiadicum majus i foramen suprapiriformis och infrapiriformis
M gemellus superior	Spina ischiadica, os ischii	Trochanter major	Utåttrotation i höftled	Plexus sacralis	
M obturatorius internus	Membrana obturatoria	Trochanter major	Utåttrotation i höftled	N obturatorius	
M gemellus inferior	Tuber ischiadicum, os ischii	Trochanter major	Utåttrotation i höftled	Plexus sacralis	
M quadratus femoris	Tuber ischiadicum, os ischii	Trochanter major	Utåttrotation i höftled	Plexus sacralis	

- » Tabellen visar även N. obturatorius som innervation, men även plexus sacralis är godkänt som svar i och med att obturatorius härstammar från komplexet.

HAMSTRING – POSTERIOR GRUPP

Hamstrings består egentligen bara av tre muskler då kravet är muskeln utgör extension i höftleden vilket M. biceps femoris caput brevis inte kan genomföra. Caput bevis och longum slås samman lateralt om knät. Dessutom utför gruppen flektion i knäleden. Arbete vid horisontellt underlag.

Namn	Ursprung	Fäste	Funktion	Innervering	Övrigt
M biceps femoris	Caput longum: tuber ischiadicum (os ischii) Caput breve: femur	Caput fibulae	Extension i höftled samt flektion och utåttrotation i knäled	N tibialis	Bara det långa huvudet ingår i hamstringsgruppen, eftersom det korta huvudet endast har funktion i knäleden.
M semitendinosus	Tuber ischiadicum	Pes anserinus	Extension, inåttrotation och adduktion i höftled samt flektion och inåttrotation i knäled	N tibialis	
M semimembranosus	Tuber ischiadicum	Medialsidan på condylus medialis tibiae	Extension och adduktion i höftled samt flektion och inåttrotation i knäled	N tibialis	

- » **PRIME MOVER:** biceps femoris i utåtrotation i knäled
- » **PRIME MOVER:** hamstrings + caput breve i flektion i knäled
- » **PRIME MOVER:** Semitendinosus och semimembranosus står för inåtrotation i knäled

PRIME MOVERS

Rörelse	Muskler
Extension	Biceps femoris, gluteus maximus
Flexion	Iliopsoas (psoas major och iliacus)
Abduktion	Tensor fasciae latae, gluteus medius/minimus
Adduktion	Adduktorlogen
Utåtrotation	Korta utåtrotatorer
Inåtrotation	Abduktion muskler

Höftledens rörelser



56

PLEXUS LUMBALIS

MINNESREGEL: I (TWICE) GET LAID ON FRIDAYS

Plexus lumbalis utgår ifrån T12-L4. Plexat går igenom M. Psoas major och löper igenom bäckenet och går ut genom Lig. Inguinale. Utifrån plexat utgår 6 nerver + 1 nerv som byter namn vid knät.

- » N. Iliohypogastricus – Sensorisk nerv
- » **N. Ilioinguinalis** – Sensorisk nerv
- » **N. Genitofemoralis** – Har två grenar, en motorisk och en sensorisk. Har en gren kallas Ramus Genitalis som man kan stimulera genom att kittla en man där nerven innerverar sensoriskt och pungen kommer då lyfta sig.
- » **N. Cutaneus Femoris Lateralis** – Sensorisk nerv som löper lateralt ned på baksidan av låret.
- » **N. Obturatorius** – går genom canalis obturatoria i foramen obturatum. Motorisk innervation av adduktorerna samt litelike sensorisk innervation.
- » **N. Femoralis** – Viktigaste nerven som kommer att kvasta sig efter den har passerat Lig. Inguinale. Denna nerv kommer att sköta extensionen av knät och därmed motoriskt försörja framsidan av låret samt till viss del sensorisk innervation.
 - **N. Saphenus** är den kutana grenen som utgår ifrån Femoralis som kommer sensoriskt innervera underbenet.



PLEXUS SACRALIS

MINNESREGEL: GAMLA GUBBAR CYKLAR INTE PUCKO

Utspringer ur L4-S4 och går längs den bakre delen av bäckenet och går igenom Foramen Ischiadicum Majus som avgränsas av Lig. Sacrospinale och Lig. Sacrotuberales. I detta hålrum kommer M. Piriformis att även avgränsa och skapa två hålrum → foramen infra- och suprapiriforme.

- » **N. Gluteus superior** - går ut genom suprapiriforme, innerverar Gluteus minimus/medius
- » **N. Gluteus Inferior** - går ut genom infrapiriforme. Innerverar gluteus maximus.
- » **N. Cutaneus Femoris Posterior** – sensorisk innervering av bakre låret. Finns en **lateralis**.
- » **N. Ischiadicum** – viktigaste nerven som utgår ifrån infrapiriforme. Går därefter djupt in i låret innan den delar sig till **N. Tibialis** och **N. fibularis communis**.
 - **N. tibialis** fortsätter genom poplitea och vidare längs medellinjen på underbenet. Passerar den mediala malleolen in under foten där den delar sig. Agerar sensoriskt på fotsulan plus motoriskt i de små musklerna i foten. Får en sensorisk förgrening kallas **N. Suralis** vid knävecket (från n cutaneus surae medialis och lateralis som kommer från tibialis och fibularis)
 - **N. Fibularis communis** → tuppgång med droppfot om trasig. Svänger av mer lateralt och går runt till framsidan i höjd med collum fibule där den delar sig till **superficialis** och **profundus**. Där ligger det tätt intill skelettet och kan därmed klämmas. **Superficialis** kommer innervera den laterala muskellogen och sensoriskt på fotens dorsalsida. **Profundus** innerverar den anteriora muskellogen samt sensoriskt mellan stortån och den andra tån.
- » **N. Pudendal** – Går ut genom foramen infrapiriforme, svänger sedan runt in igenom foramen ischiadicum minus och innerverar könsområdet.



Plexat som sådant har en viktig funktion vid innerveringen av många av de små **utåtroterande musklerna**.

BRA SPINALNERVER ATT HA KOLL PÅ

Spinalnerv	Dermatom
L1	Ljumsken
L3	Medialsidan av knät
L4	Knäskålen
L5	Mediala kanten på foten
S1	Lateral kanten på foten

Reflex	Spinalnerv
Patellarreflexen	L3-L4
Achillesreflexen	S1-S2

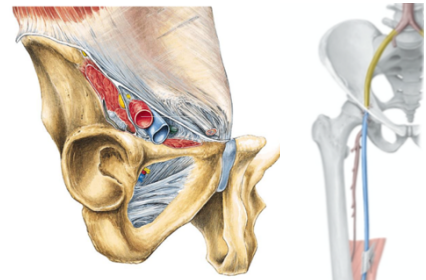
Test av	Spinalnerv
Flektion (höft)	L3
Extension (höft)	L4
Dorsalflektion (gå på häl)	L4
Extension (stortå)	L5
Plantarflexion (gå på tå)	S1
Flexion (knäled)	S2

BENETS BLODFÖRSÖRJNING

Flödet ned till benet startar i A. iliaca communis där den kvickt delar sig till a. iliaca externa och interna.

A. Iliaca interna

- » **A. glutea superior** som går igenom foramen suprapirrifome tillsammans med dess nerv.
- » **A. obturatoria** går igenom foramen infrapirrifome. Löper ned på insidan av låret och försörjer adduktormusklerna.
- » **A. glutea inferior**, den slutgiltiga grenen av iliaca interna. Går ut genom foramen infrapirrifome tillsammans med dess nerv.



A. Iliaca Externa kommer att fortsätta in under lig. Inguinale och kallas därefter för a. femoralis istället (NAVEL regeln). Därefter kommer en stor förgrening ske → **a. profunda femoris** som i sin tur ger ifrån sig två grenar **A. circumflexa femoris** lateralis och medialis som snurrar runt collum femoris.

- » Ytterligare genar, **aa. Perforantes**, från profunda femoris kommer att löpa igenom adduktor muskulaturen och gå in till hamstrings.

A. femoralis går in posterior genom **Hiatus adductorius** som är ett hålrum i M. adductor magnus. Därefter byter den namn till **A. poplitea**. Kring knät bildas ett anastomosnätverk som är viktigt för att knäleden ska ha försörjning i alla lägen.

Strax nedanför knäleden bildas **tibialis anterior och posterior**.

- » **A. tibialis posterior** går in djupt i baksidan lite medialt och förgrenar sig till **A. fibularis** som går mer lateralt. A. tibialis är även den artär som går strax under mediala malleolen som vi undersöker med hjälp av en doppler.
- » **A. Tibialis anterior** dyker igenom ett hål mellan tibia och fibula, strax ovan membrana interossea cruris, och går mitt på underbenet anterior. Vid foten byter artären namn till **A. dorsalis pedis**. Detta är även kärlet som vi kan palpera.



YTLIGA VENER

De djupa venerna följer artärerna och efter man har passerat knät löper 2-3 st vener med varje artär. De ytliga däremot har lite anorlunda namn och löper subcutant. Det finns två viktig ytliga vener kallade:

V. saphena magna är den stora ytliga venen som löper medialt på benet och tömmer sig i **v. femoralis**. Tillsammans med denna ven kommer även **n. saphenus** att löpa.

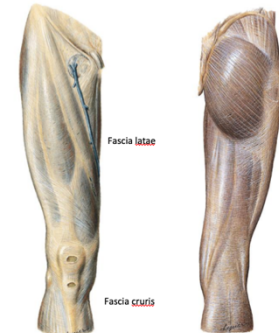
V. saphena parva är den lilla ytliga venen som löper posterior på benet och tömmer sig i **v. poplitea**. Tillsammans med denna ven kommer även **n. suralis** att löpa.

Viktigt att minnas är att ALLA vener i benet har klaffar. Detta gör att venerna har möjlighet att vara lika tjocka distalt som proximalt. Dessutom har även **perforanter klaffar**. Detta för att FÖRHINDRA flöde från de djupa till de ytliga.

FASCIA LATAE/CRURIS

Fascian är en bindväv som går upp till höften och håller samman muskulaturen i benet. Denna bindväv finns runt alla muskler men denna är lite tjockare och finns under fettet. De kommer även bilda compartments i benet. När musklerna expander (vid rörelse) trycks de mot fascian som INTE ger efter. Detta bidrar till att trycket kommer att bli högre i detta område vilket bidrar till **muskelpumpen** som hjälper blodet att komma upp från de nedre extremiteterna.

- » På den laterala delen av låret har vi **tractus iliotibialis** som är en förstärkning av fascia latae som hjälper till att "spänna upp" låret.

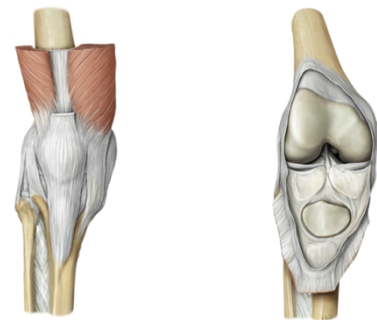


KNÄLED OCH UNDERBEN

ART. GENUS

Är kroppens största led och av typen gångjärnsled, vilken bildas mellan femur, tibia och fibula. Huvudrörelserna i knäleden är flexion och extension, men kan även inåt-/utåtroteras vid flekterat läge. Leden omsluts av en yttre fibrös del som stärker upp samt en inre synovial del som producerar ledvätska som smörjer. Leden består av **tre delar**:

- » Pars femurotibialis medialis och lateralis
- » Pars femuropatellaris



Patella – Är ett sesamben som agerar som **hävarm** för kontraktion av quadriceps femoris.

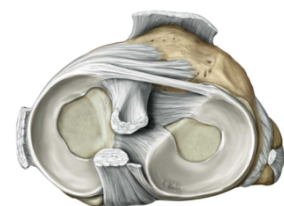
- » Ett sesamben är ett ben UTAN kontakt med andra ben och är inbäddade i ligament. I patellas fall kommer quadricepsen ovanifrån komma och omsluta patella. Från patella ned till tuberositas tibiae löper ett ligament som också omsluter patella, kallat **lig. patellae**.

Knäleden är som mest stabil i ett extenderat läge pga:

1. Collateral ligamenten är spända här
2. Korsbanden är spända
3. Meniskerna

MENISKER

Dessa strukturer är uppbyggda av fibröst brosk och hittas mellan ledytorna i knäleden. De har i funktion att förbättra kongruensen i leden, vilket innebär att meniskerna jämnfördelar trycket mellan benen på ett bättre sätt. Den mediala menisken är lättare att skada, särskilt i lite flekterat ben och en kraft kommer lateralt → skadetriad. Detta beror på att den är inkorporerad med collateral ligament och ledkapsel.



LIGAMENT

Lig. cruciatum anterius - Det främre korsbandet fäster in på area intercondylaris anterior och löper därefter sedan bakåt och uppåt för infästning till insidan av condylus lateralis femoris (intercondylaris femoris).

- » Dess huvudsakliga **funktion** är att förhindra att tibia rör sig framåt i förhållande till femur! Samt förhindra hyperextension i knäled. Svagast av korsbanden.

Lig. cruciatum posterius - Det bakre korsbandet fäster till area intercondylaris posterior och löper därefter uppåt och framåt för att fästa på insidan av condylus medialis femoris.

- » Detta ligament har som huvudsaklig **funktion** att förhindra att tibia rör sig bakåt i förhållande till femur.



Lig. collaterale tibiale – Detta kollateralligament hittas på insidan av knäleden och är, till skillnad från det laterala kollateralligamentet, förbundet med både ledkapseln och den mediala menisken. Vid skada av detta ligament är således risken stor för skador på ytterligare strukturer i knät.

- » Dess primära **funktion** är att förhindra valgusrörelse i knäleden.

Lig. collaterale fibulare – Detta är det andra kollateralligamentet, lokaliserat på utsidan av knät.

- » Dess primära funktion är att förhindra varusrörelse i knäleden.



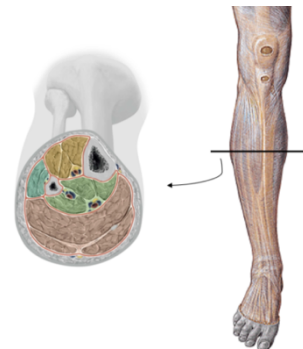
BURSA

Vid leden hittas även några bursor, slem säckar, där **bursa suprapatellaris** är den största av dem. Denna hittas under quadricepsseman, proximalt om patella. Har till uppgift att producera slem och vätska för att minska skaderisken.

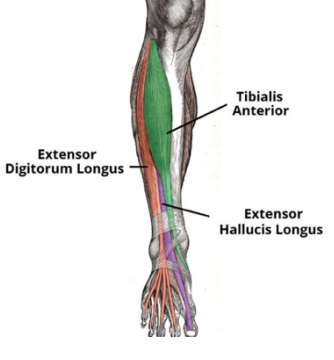
KOMPARTMENTS

Fascia lata i lårbenet kommer till vaden övergå till att kallas fascia cruris. Denna strama bindväv som omger musklerna i underbenet kommer skicka in stråk i underbenet, vilket delar upp vadens muskler i olika loger.

- » Ett vanligt problem är kompartmentsyndrom, vilket framkommer om en muskel sväller så pass mycket att närliggande blodkärl och nerver kommer i kläm. Detta just på grund av den strama fascian som inte kommer att ge efter vid eventuell muskelsvullnad.
- » Viktigt för venöst återflöde.



ANTERIOR GRUPP

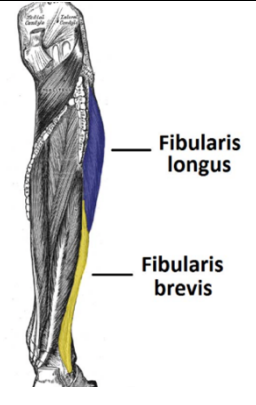
Namn	Ursprung	Fäste	Funktion	Innervering	Övrigt
M. tibialis anterior PRIME MOVER	Tibia	Os cuneiforme mediale	Dorsalflexion och inversion	N. fibularis profundus	
M. extensor hallucis longus	Fibula	Phalanx distalis 1	Dorsalflexion i fotled och extension av hallux	N. fibularis profundus	
M. extensor digitorum longus	Condylus lateralis tibiae och fibula	Extensoraponeurosen till phalanx 2-5	Dorsalflexion och eversion i fotled, extension av tårna	N. fibularis profundus	

I denna log kommer även nedanstående strukturer att löpa:

- » A. och V. tibialis anterior
- » N. fibularis profundus

OBS! Om tvärsnitt görs längre ned på vaden kommer även m. fibularis tertius finnas med i denna log.

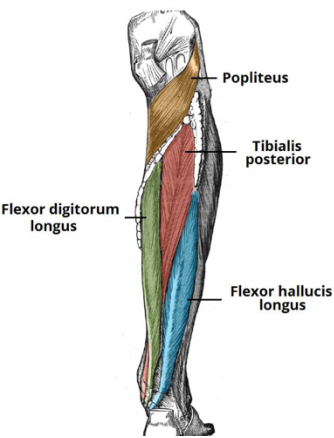
LATERAL GRUPP

Namn	Ursprung	Fäste	Funktion	Innervering	Övrigt
M. fibularis longus PRIME MOVER	Caput fibulae	Metatarsalben 1	Plantarflexion och eversion i fotled	N. fibularis superficialis	
M. fibularis brevis	Fibula	Metatarsalben 5	Plantarflexion och eversion i fotled	N. fibularis superficialis	

I denna log kommer även nedanstående struktur att löpa:

- » N. fibularis superficialis

DJUP POSTERIOR GRUPP

Namn	Ursprung	Fäste	Funktion	Innervering	Övrigt
M. tibialis posterior PRIME MOVER	Baksidan av membrana interossea	Os naviculare	Plantarflexion och inversion	N. tibialis	
M. flexor hallucis longus	Fibula	Phalanx distalis 1	Plantarflexion och inversion i fotled och flektion av hallux	N. tibialis	
M. flexor digitorum longus	Tibia	Phalanx distalis 2-5	Plantarflexion och inversion i fotled samt flexion av tårna	N. tibialis	
M. popliteus	Epicondylus lateralis femoris	Facies poplitea	Inåtrotation och flexion i knäled	N. tibialis	

I denna log kommer även nedanstående strukturer att löpa:

- » A. och V. tibialis posterior
- » A. och V. fibularis
- » N. tibialis

Tre av dessa muskler kommer att löpa ned och fästa i foten. På deras väg ned svänger de runt den mediala malleolen. En minnesregel för i vilken ordning senorna löper där är: **TIB-DIG-VAN-HALL**

TIB – M. tibialis posterior

DIG – M. flexor digitorum longus

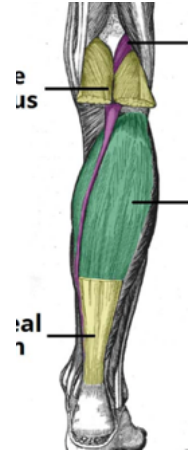
VAN – V. tibialis posterior, A. tibialis posterior & N. tibialis

HALL – M. flexor hallucis longus



- » Hela anteriora gruppen klassas som **PRIME MOVER** till fotens dorsalflektion, men tibialis är viktigast.

YTLIG POSTERIOR GRUPP

Namn	Ursprung	Fäste	Funktion	Innervering	Övrigt
M. gastrocnemius PRIME MOVER	Caput mediale: Condylus medialis femoris Caput laterale: Condylus lateralis femoris	Achillessenan till calcaneus	Plantarflexion i fotled och flexion i knäled	N. tibialis	
M. soleus - PRIME MOVER	Caput fibula och lineae soleae	Achillessenan till calcaneus	Plantarflexion i fotled	N. tibialis	
M. plantaris	Condylus lateralis femoris	Tuber calcanei	Flexion i knäled och plantarflexion	N. tibialis Viktig funktion av proprioception	

PRIME MOVERS - KNÄLED

Rörelse	Muskler
Extention	M. quadriceps femoris
Flexion	Hamstrings (+breve)
Inåtrotation	M. semitendinosus och m. semimembranosus
Utåtrotation	M. biceps femoris

PRIME MOVERS – FOTLED

Rörelse	Muskler
Plantarflexion	M. triceps surae
Dorsalflexion	Anteriöra muskelgruppen (m. tibialis anterior)
Inversion	M. tibialis anterior/posterior
Eversion	M. fibularis longus/brevis

FOT OCH FOTLED

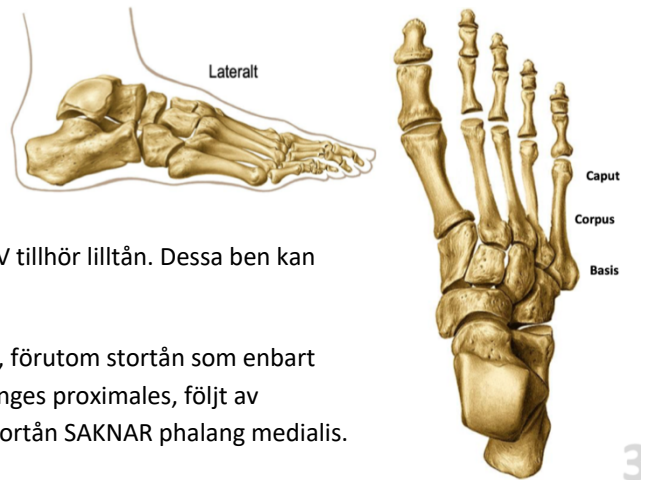
SKELETT

Foten, som på latin heter **pedis**, har en liknande uppbyggnad som handen:

Tarsalben (ossa tarsi) – Sju stycken ben lokaliserade närmast fotleden.

Mellanben (ossa metacarpi) – Är fem till antalet, där metatarsi I tillhör stortån (hallux) och metacarpi V tillhör lilltån. Dessa ben kan även delas in i caput, corpus och basis (se bild).

Tår (ossa digitorum/phalanges) – Består av tre delar, förutom stortån som enbart består av två. Närmast metatarsalbenen hittas phalanges proximales, följt av phalanges mediales och till sist phalanges distales. Stortån SAKNAR phalang medialis.



TARSUS

MINNESREGEL: Can't Take No More In Life Cunt

Symboliserar tarsalbenen: Calcaneus, Talus, Naviculare, cuneiforme Medialis, cuneiforme Intermedium, cuneiforme Lateralis, Cuboideum

LEDER

Fotleden kan delas upp i två stycken leder:

Art. talocruralis – Denna led går även under namnet övre språngbensleden och är en gångjärnsled. Leden bildas mellan tibia, fibula och talus, där trochlea tali utgör ledhuvudet. Leden är som **stabilast** i dorsalflekterat läge då talus har som störts ledyta mot tibia i detta läge.

Art. subtalaris – Den nedre språngbensleden är en vridled utan större rörelse, och är i sin tur uppbyggd av två olika leder:

- » Art. talocalcanea
- » Art. talocalcaneonavicularis

Båda dessa leder är synovialleder, vilket innebär att de är **äkta leder**. Vid distala tibia och fibula hittas en oäkta led, kallad **syndesmosis tibiofibulare**. Detta kallas för en **oäkta led** eftersom den inte kan utföra någon rörelse.

LIGAMENT

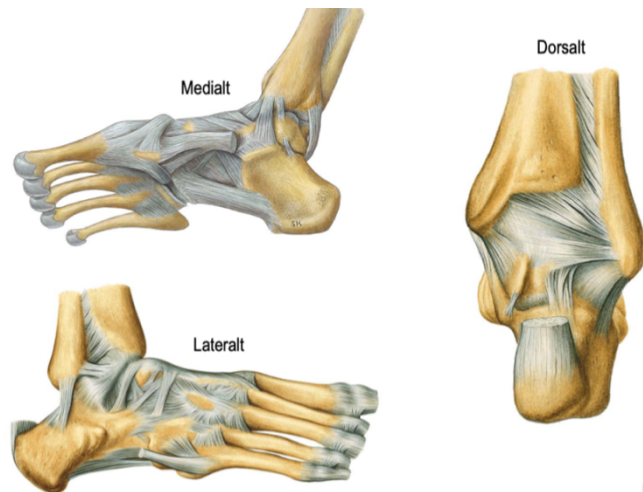
Fotleden kommer att stabiliseras av ett flertal ligament, vilka både hittas framtill, baktill, medialt och lateralt. Lateralt och medialt hittas kollateralligamenten.

Lig. deltoideum – Det mediala kollateralligamentet som delar upp sig i fyra delar från den mediala malleolen. Urspringer från flera tarsalben och fäster till mediala malleolen.

- » Pars tibiotalaris posterior
- » Pars tibiocalcanea
- » Pars tibionavicularis
- » Pars tibiotalaris anterior

Det laterala kollateralligamentet utgörs av tre ligament. Dessa är svagare än det mediala och är ofta de ligament som skadas vid en fotledsstukning. Urspringer från laterala malleolen.

- » Lig. talofibulare anterius
- » Lig. talofibulare posterius
- » Lig. calcaneofibulare



EN VIKTIG SENA

Till tuber calcanei på os calcaneus kommer **tendon calcaneus** att fästa in. Detta är den resulterande senan från m. triceps surae som är prime mover av rörelsen plantarflexion i fotleden.

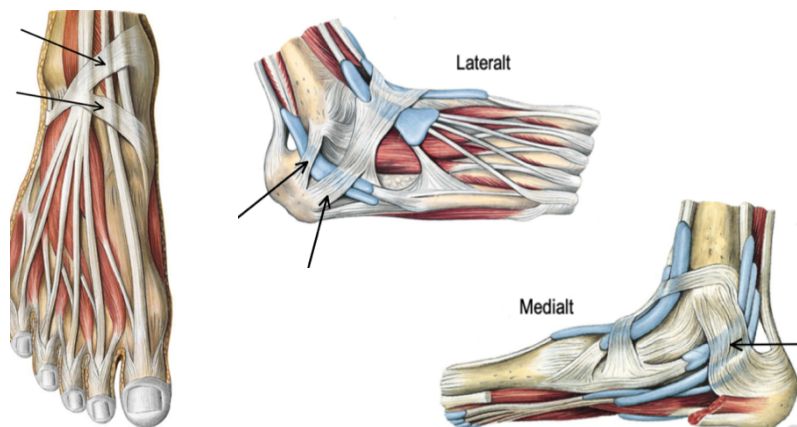
RETINACULUM

I foten finns flera retinaculum med uppgift att hålla i muskelsenorna längs kroppen, och således förhindra att bågsträngar bildas vid muskelkontraktion.

Retinaculum musculorum extensorum – Löper transversellt på dorsalsidan och delar upp sig i två, en **superius** och en **inferius**. Genom detta löper senorna från den anteriora gruppen.

Retinaculum musculorum fibularium – Löper på fotens lateralsida och är uppdelat i två, en **superius** och en **inferius**. Genom detta löper senorna från den laterala gruppen.

Retinaculum musculorum flexorum – Löper på fotens medialsida och kommer hålla in senorna från den djupa posteriora gruppen. → tänk på **TIB DIG VAN HALL**



FOTENS MUSKULATUR

Fotens muskulatur har som huvudsaklig funktion att hålla upp de tre fotvalven. Ytterst, under huden, i foten på plantarsidan hittas **plantaraponeurosen**. Dess funktion är att verka stötdämpande samt att göra så huden blir

mindre töjbar (= bättre grepp). Under plantaraponeurosen kommer ett flertal muskelbukar att löpa i olika loger. Musklerna innerveras av **n. plantaris medialis** (fetmarkerade) eller **n. plantaris lateralis**, vilka båda är förgreningar från **n. tibialis**:

Stortålogen:

- » M. abductor hallucis (två muskelbukar)
- » M. adductor hallucis
- » M. flexor hallucis brevis (två muskelbukar)

Centrallogen:

- » M. flexor digitorum brevis
- » M. quadratus plantae
- » **Mm. lumbricales** (urspringer likt de i handen från flexor digitorum senorna)

Lilltålogen:

- » M. abductor digiti minimi
- » M. flexor digiti minimi

Spatia interossea:

- » Mm. interossei (IPAD3 och IDAB4 även här)

Foten är väldigt lik palmar-sidan i handen, förutom att den inte besitter några opponens-muskler (ibland har digitiminimi en).

BLODKÄRL I FOTEN

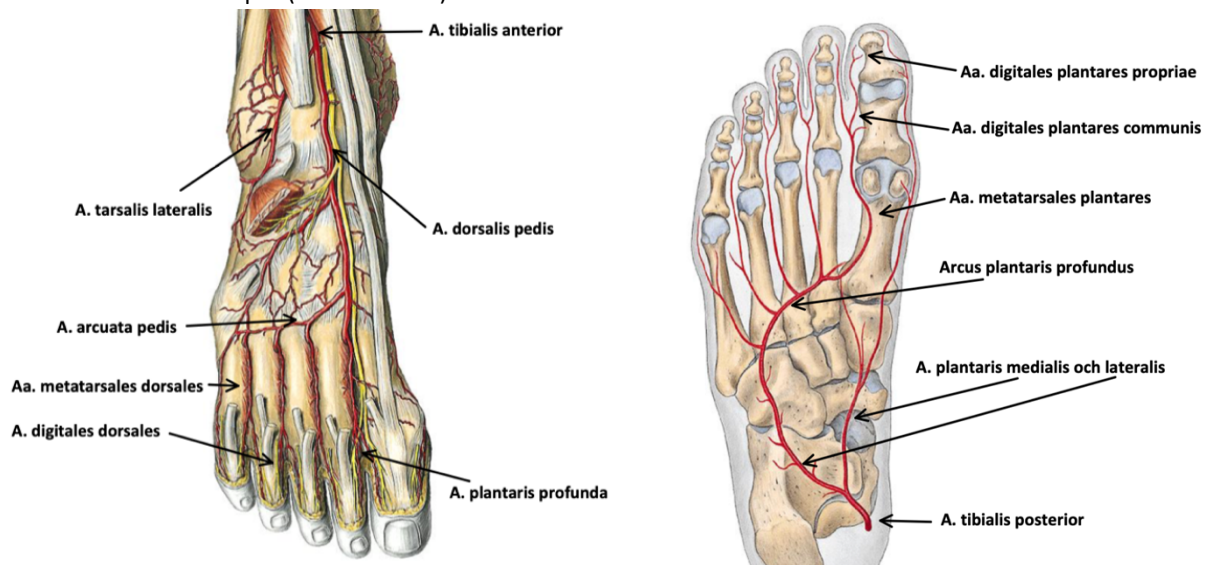
ARTÄRER

Till fotens dorsalsida kommer **a. tibialis anterior** att löpa. Relativt tidigt avger den en lateral gren som kallas **a. tarsalis lateralis**, innan den senare övergår till att kallas **a. dorsalis pedis**.

- » Från **a. dorsalis pedis** avgår sedan **a. arcuata pedis**, vilken sänder ut små artärer till varje tå (se bild nedan). Dorsalsidan och plantarsidan är förbundna med varandra genom **a. dorsalis pedis** och **a. plantaris profunda**, vilken löper in i **arcus plantaris profundus**.

Till fotens plantarsida löper **a. tibialis posterior**, vilken kommer förgrena sig i till **a. plantaris medialis** och **lateralis**.

- » **A. plantaris lateralis** övergår mer distalt i foten till **arcus plantaris profundus**, varifrån så artärer ut i tårna sedan löper (se bild nedan).



VENER

Transversellt över fotryggen löper **arcus venosus dorsalis pedis**.

På medialsidan – Övergår först till **v. marginalis medialis** och sedan till **v. saphena magna** → tömmer sig i v. femoralis??

På lateralsidan – Övergår först till **v. marginalis lateralis** och sedan till **v. saphena parva** → tömmer sig i v. poplitea

